

Série A, No 911
N° d'ordre
1731

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

RENÉ BOURRET

Assistant au Service Géologique de l'Indochine.

1^{re} THÈSE : ETUDES GÉOLOGIQUES SUR LE NORD-EST DU TONKIN.

2^{me} THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 23 mai 1922, devant la Commission d'examen

MM. HAUG.....	Président.
PÉREZ	} Examineurs.
COMBES.....	

HANOI

IMPRIMERIE D'EXTRÊME-ORIENT

1922

Série A N° 911
N° d'ordre
1731

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

RENÉ BOURRET

Assistant au Service Géologique de l'Indochine.

1^{re} THÈSE : ETUDES GÉOLOGIQUES SUR LE NORD-EST DU TONKIN.

2^{me} THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 23 9^{he} 1922, devant la Commission d'examen

MM. HAUG..... Président.
PÉREZ..... } Examineurs.
COMBES..... }



HANOI

IMPRIMERIE D'EXTRÊME-ORIENT

1922



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550422_0049

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen. MOLLIARD, *Professeur.* Physiologie végétale.

Doyen honoraire. . . . P. APPELL.

Professeurs honoraires. { P. PUISEUX.
VÉLAIN.
BOUSSINESQ.
BOUTY.

Professeurs. { EMILE PICARD. . . . Analyse supérieure et algèbre supérieure.
GASTON BONNIER. . . Botanique.
KÉNIGS. Mécanique physique et expérimentale.
GOURSAT. Calcul différentiel et calcul intégral.
HALLER. Chimie organique.
JOANNIS. Chimie (Enseignement P. C. N.)
JANET. Electrotechnique générale.
WALLERANT. . . . Minéralogie.
ANDOYER. Astronomie.
PAINLEVÉ. Mécanique analytique et mécanique céleste.
HAUG. Géologie.
H. LE CHATELIER. . . Chimie générale.
Gabriel BERTRAND. . . Chimie biologique.
Mme P. CURIE. . . . Physique générale et radioactivité.
CAULLERY. Zoologie (Evolution des êtres organisés).
C. CHABRIÉ. Chimie appliquée.
G. URBAIN. Chimie minérale.
Émile BOREL. Calcul des probabilités et Physique mathém.
MARCHIS. Aviation.
Jean PERRIN. Chimie physique.
G. PRUVOT. Anatomie et physiologie comparées.
ABRAHAM. Physique.
CARTAN. Mécanique rationnelle.
Cl. GUICHARD. . . . Géométrie supérieure.
LAPICQUE. Physiologie.
GENTIL. Géographie physique.
VESSIOT. Théorie des groupes et calcul des variations.
COTTON. Physique générale.
DRACH. Application de l'analyse à la géométrie.
C. FABRY. Physique.
Charles PÉREZ. . . . Zoologie.
Léon BERTRAND. . . . Géologie appliquée et géologie régionale.
DANGEARD. Botanique (Enseignement P. C. N.)
LESPIEAU. Théories chimiques.
LEDUC. Physique théorique et physique céleste.
MONTEL. Mathématiques générales.
MAURAIN. Physique du globe.

HÉROUARD. Zoologie.
Rémy PERRIER. . . . Zoologie (Enseignement P. C. N.)
SAGNAC. Physique théorique et physique céleste.
RABAUD. Biologie expérimentale.
PORTIER. Physiologie.
BLAISE. Chimie organique.
PÉCHARD. Chimie (Enseignement P. C. N.)
AUGER. Chimie analytique.
M. GUICHARD. Chimie minérale.
GUILLET. Physique.

Secrétaire. Daniel TOMBECK.

ETUDES GEOLOGIQUES

SUR LE

NORD-EST DU TONKIN

(FEUILLES DE BAO LAC, CAO BANG, HA LANG, BAC KAN,
THAT KHE ET LOUNG TCHEOU)

À mon Maître

M. CHARLES JACOB,

Professeur de Géologie à l'Université de Toulouse,

Chef du Service Géologique de l'Indochine,

*Hommage de reconnaissance
et de respectueuse affection.*

PREFACE

Depuis les premiers mois de 1919 j'ai consacré la presque totalité de mon temps à l'étude du Nord-Est du Tonkin, depuis la frontière de Chine à l'Est de la province de Lang Son et du Territoire militaire de Cao Bang, jusqu'à la Rivière Claire aux environs de Ha Giang. Le climat de cette partie de l'Indochine ne permet pas, pendant la saison d'été, les courses sur le terrain, tant à cause de la température très élevée qui règne dans les vallées, que par suite des pluies à peu près continuelles occasionnant des crues qui rendent impossible les communications ; les passages guéables ont disparu et les rares ponts flottants établis annuellement sont emportés. Aussi cette saison est-elle consacrée, au laboratoire de Hanoi, à la détermination des échantillons, à la confection des cartes et à la rédaction progressive des manuscrits ; en revanche la saison d'hiver, en grande partie sèche, et qui peut commencer en Septembre pour finir en Mai, est dévolue aux explorations sur le terrain ; c'est ainsi que j'ai pu, depuis le début de mes travaux, effectuer plus de 15 mois de tournées, soit pour l'étude de la contrée qui fait l'objet de cet ouvrage, soit pour des courses de comparaison dans l'extrême Nord, le long de la frontière du Yunnan, ou encore dans la région de la Basse et de la Moyenne Rivière Noire.

Mon apport personnel à la Carte géologique de l'Indochine est surtout représenté par le lever complet des feuilles au 1/100.000^e de That Khe, Loung Tcheou, Cao Bang, Ha Lang et Bao Lac qui sont prêtes à être éditées.

Une feuille provisoire de That Khe au 1/100.000^e, dressée par M. ZEIL a déjà été publiée à une époque où les résultats paléontologiques étaient encore insuffisants et où l'attention n'avait pas été attirée sur les phénomènes de charriage qui sont la caractéristique du Tonkin ; aussi cette carte, bien que très détaillée, et précise dans la délimitation de certaines zones importantes, ne correspond-elle plus à la connaissance que nous avons aujourd'hui de cette région ; des feuilles provisoires de Cao Bang et de Ha Lang à l'échelle de 1/200.000^e avaient également été l'objet d'une publication de la part de M. MANSUY, publication intéressante, mais sommairement ébauchée, de l'aveu même de son auteur ; la feuille de Bao Lac est, en revanche, entièrement nouvelle. Je n'insisterai pas sur celle de Loung Tchéou, nouvelle aussi, mais que son exigüité et sa simplicité au point de vue géologique mettent tout à fait en second plan.

En dehors des cartes éditées dont il a été question ci-dessus, et d'indications fragmentaires dues à M. LANTENOIS, documents datant du début de la Géologie indochinoise, les contrées limitrophes de la mienne au Nord avaient été plus récemment étudiées en détail par M. DEPRAT ; ce travail demandait à être contrôlé.

M. GIRAUD enfin avait parcouru, dans une marge située au Sud de la partie orientale de la zone de mes travaux, les régions de That Khe, Lang Son et Pho Binh Gia, sur lesquelles il a apporté quelques notes accompagnées d'une carte au 1/500.000^e.

Le Nord-Est du Tonkin était donc loin de représenter un pays neuf lorsque j'ai eu à y travailler. Cependant, il était bien difficile de se faire une idée d'ensemble à son sujet, relativement à l'un quelconque des points de vue auxquels peut se placer un géologue : stratigraphiquement, si les principales faunes étaient connues, et si mon exploration, tout en reconnaissant de nombreux points fossilifères, n'a apporté de véritables nouveautés que pour le Givétien et le Dévonien Supérieur, peu de coupes avaient été données, sauf celles de M. DEPRAT dans le Dong Quan, où elles ont dû être révisées.

Au point de vue pétrographique, tout ou presque tout restait à faire ; la nature et la position des roches éruptives, intrusives ou interstratifiées, devaient être précisées pour les roches profondes ; certaines d'entre elles, comme la Granulite stannifère du Pia Oac, considérée comme charriée par M. DEPRAT, comme autochtone par M. LANTENOIS qui n'admettait pas le charriage de M. DEPRAT, soulevaient de sérieuses discussions mettant en cause les massifs granitiques voisins du Phan Ngame, du Phia Bioc, du Pia Ya, etc..... ; d'autres roches analogues, Syénites et Gneiss, n'avaient pas encore été signalées, comme celles qui forment, au Sud de la feuille de Bao Lac, le massif du Pia Ma.

Quant à la structure enfin, s'il avait été, à juste titre depuis quelque temps déjà et surtout de la part de M. DEPRAT, question de charriages dans le Nord du Tonkin et particulièrement dans l'Ouest de ma région, on était loin d'avoir donné aux phénomènes l'ampleur que nous sommes amenés maintenant à leur reconnaître ; la distinction des éléments autochtones, la définition de leurs caractères, le rôle joué entre les éléments autochtones et les Nappes par une lame intermédiaire, la séparation et la délimitation des lambeaux des Nappes dans la région qui nous occupe, restaient entièrement à mettre en lumière.

En résumé, le Nord-Est du Tonkin exigeait une révision détaillée pour venir progressivement figurer à côté des autres régions de l'Indochine du Nord.

J'ai été chargé de cette mission par mon Maître, M. le Professeur Ch. JACOB, Chef du Service Géologique de l'Indochine. Ce n'est pas seulement en tant que Chef de Service que M. JACOB m'a toujours prodigué ses précieux conseils. En 1912, alors modeste géomètre au Service du Cadastre du Tonkin, j'ai, à la faveur d'un congé qui s'est prolongé jusqu'à la mobilisation de 1914, fréquenté les cours de l'Université de Toulouse. Admis dans le laboratoire de Chimie sous la direction de M. le Doyen Paul SABATIER ; au cours de Mathématiques générales professé par M. BUHL ; au laboratoire de Minéralogie, où j'ai été l'objet d'une attention particulièrement bienveillante de la part de M. CARALP, c'est surtout au laboratoire de Géologie, alors dirigé par M. JACOB dont je devins l'un des disciples les plus assidus, que je consacrai la plus grande partie de mon temps. Mais l'intérêt tout spécial que me témoigna M. JACOB, les directives qu'il me donna et ses conseils incessants, dépassèrent bientôt de beaucoup l'enseignement habituel du Professeur de Faculté à son élève candidat à la Licence ; après un Diplôme d'Etudes supérieures de Sciences naturelles préparé sous sa direction, je fus admis par M. JACOB à l'accompagner dans quelques unes de ses courses personnelles ; c'est ainsi que nous fîmes, avec M. FALLOT, une splendide excursion en Catalogne espagnole pendant les vacances de Pâques 1914.

Travaux et études géologiques cessèrent pendant la Guerre, mais celle-ci finie, M. JACOB, chargé de prendre la direction du Service Géologique de l'Indochine, voulut bien me faire entrer à ce Service en qualité d'Assistant. C'est à ce titre que j'ai été chargé des travaux dont l'exposé va faire l'objet de ce mémoire. Je tiens à exprimer ici à M. JACOB à qui je dois, entre tant d'autres choses, l'amour de la Géologie, ma respectueuse et profonde reconnaissance.

Au Laboratoire du Service Géologique de l'Indochine, j'ai bénéficié, pour la détermination de mes fossiles, de la haute compétence de M. MANSUY. Après le départ de ce dernier, M. le Capitaine PATTE m'a aidé dans l'interprétation délicate de certaines espèces dont les déterminations antérieures ne cadraient, ni avec les espèces les accompagnant, ni avec leur position stratigraphique. Mademoiselle COLANI a bien voulu me déterminer les Foraminifères que j'ai rapportés de mes courses. J'ai tiré aussi le plus grand profit de mes conversations avec M. DUSSAULT à qui l'on doit, en plus de belles explorations géologiques au Laos et dans l'Ouest du Tonkin, une partie des cartes topographiques du Tonkin.

A Mademoiselle COLANI, à Messieurs MANSUY, DUSSAULT et PATTE, j'exprime tous mes remerciements.

J'ai essayé, dans les pages qui vont suivre, de mettre au point la Géologie du Nord-Est du Tonkin et de résoudre les nombreux problèmes qui se posent dans cette région ; que le lecteur m'excuse si je n'ai pu toujours y réussir. En dehors de la complexité de la structure et de la rareté des fossiles, le climat et le pays offrent au voyageur qui veut s'écarter des chemins fréquentés, de véritables difficultés. L'atmosphère toujours humide, même l'hiver, les sentiers difficiles à peine tracés dans la montagne et où les chevaux ne peuvent passer, les longues étapes dans des contrées presque inhabitées, demandent un effort physique considérable.

Que de courses décevantes, le long d'un contact toujours caché par la forêt ; que de temps perdu, pendant de longs itinéraires sur les plateaux, au milieu du brouillard qui, des jours durant, masque les horizons. Mais aussi quelles compensations dans l'indépendance d'une vie active au milieu d'une nature sauvage et splendide ; et comment pourrait-on oublier le charme profond d'un repos bien gagné, goûté, dans la quiétude du soir, au seuil de quelque maison Tho, tandis que tintent les clochettes de bois du bétail revenant du labour, et que l'ombre des hautes falaises aux silhouettes déchiquetées gagne lentement la vallée profonde.

Majoresque cadunt altis de montibus umbrae.

Hanoi, le 30 décembre 1921.

INTRODUCTION

Je me propose de donner dans cet ouvrage une étude détaillée du Nord-Est du Tonkin.

Je diviserai cette étude en six parties :

La première partie sera consacrée à la description géographique du Nord-Est du Tonkin.

Je tâcherai de mettre en évidence, dans une deuxième partie, les relations existant entre la topographie actuelle, la structure géologique et les mouvements récents.

La troisième partie sera consacrée à la stratigraphie.

La structure du Nord-Est du Tonkin et la comparaison de mes résultats avec les hypothèses de M. DEPRAT dans ses « Etudes géologiques sur la région septentrionale du Haut-Tonkin » [8] feront l'objet de la quatrième partie.

Dans une cinquième partie je traiterai des roches du Nord-Est du Tonkin, envisagées strictement au point de vue de leur composition minéralogique et de leur structure, à l'exclusion de leur signification géologique, mode de gisement et âge, qui prennent place dans les troisième et quatrième parties.

Je présenterai enfin, en quelques pages, des conclusions générales résumant les principales questions traitées dans le cours de l'ouvrage.

Pour éviter de continuelles Notes infrapaginales, les références bibliographiques seront indiquées dans le texte par un numéro en chiffres entre crochets se rapportant à la liste bibliographique donnée ci-après.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

PAR ORDRE ALPHABETIQUE

1. BAILEY WILLIS, ELIOT BLACKWELDER and R. H. SARGENT. — Research in China. Vol. I, Chap. XI et XV. Washington 1907.
2. Docteur A. BILLET. — Deux ans dans le Haut Tonkin (Région de Cao Bang). *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique*. — Tome XXVIII, 1896.
3. M. COLANI. — Etude sur les Flores tertiaires de quelques gisements de lignite de l'Indochine et du Yunnan. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. VIII, Fasc. I. 1920.
4. J. DEPRAT. — Sur la tectonique du Yunnan. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 14 Novembre 1910.
5. J. DEPRAT. — Sur l'importance des mouvements épeirogéniques récents dans l'Asie sud-orientale. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 29 Mai 1911.
6. J. DEPRAT. — Etude géologique du Yunnan oriental par J. DEPRAT et H. MANSUY. 1^{re} Partie. Géologie générale. *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. I, Fasc. I, 1912.
7. J. DEPRAT. — Les Zones plissées intermédiaires entre le Yunnan et le Haut Tonkin. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 10 Mai 1915.
8. J. DEPRAT. — Etudes géologiques sur la région septentrionale du Haut Tonkin (Feuilles de Pa Kha E., Ha Giang, Ma Li Po, Yen Minh). *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. IV, Fasc. IV, 1915.
9. J. DEPRAT. — Sur l'existence d'un ridement d'âge paléozoïque entre le Yunnan et le Tonkin. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 28 Février 1916.
10. J. DEPRAT. — Au sujet des cycles d'érosion et des mouvements épeirogéniques récents dans la Chine sud-orientale. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 27 Mars 1916.

11. J. DEPRAT. — Sur la structure de la zone interne des nappes préyunnanaises et sur l'existence de charriages anté-ouraliens dans le Nord du Tonkin. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 Avril 1916.
12. J. DEPRAT. — La zone frontale des nappes préyunnanaises dans la région de Bao Lac et de Cao Bang. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 Août 1917.
13. DIGUET. — Les montagnards du Haut Tonkin, Paris 1908.
14. H. DOUVILLÉ. — Note sur la découverte de fossiles dans le Trias marin des environs de Lang Son. *Bulletin Société Géologique de France*. 3^e Série, Tome XXIV, page 454. 1896.
15. DUPOUY. — Minerais et minéraux du Tonkin. Paris 1909.
16. DUPOUY. — Etudes minéralogiques sur l'Indochine Française. 2 cartes, Paris 1913.
17. L. DUSSAULT. — Exploration géologique de la Province de Sam Neua (Laos). *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. IX. Fasc. II. 1920.
18. L. DUSSAULT. — Etudes géologique dans le Tonkin occidental. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. X. Fasc. II. 1921.
- 18bis L. DUSSAULT. — Le Tam Dao et la région de la Basse Rivière Claire (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 Février 1922).
19. J. GIRAUD. — Notes géologiques sur la partie N. E. du Tonkin. (feuilles de That Khe, Pho Binh Gia, Lang Son). *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V. Fasc. I. 1918.
20. Ch. JACOB. — Etudes géologiques dans le Nord-Annam et le Tonkin. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. X. Fasc. I. 1921.
21. Ch. JACOB et R. BOURRET. — Itinéraire géologique dans le Nord du Tonkin. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. IX. Fasc. I. 1920.
22. E. JOURDY. — Note sur la Géologie de l'Est du Tonkin. *Bull. Soc. Géol. de France*. 3^e Série, Tome XIV, pages 14 à 21. pl. 1 et 2. 1885-1886.
23. E. JOURDY. — Note complémentaire sur la Géologie de l'Est du Tonkin. *Bull. Soc. Géol. de France*. 3^e Série, Tome XIV, pages 445 à 453, 1885-1886.
24. A. LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses Colonies. 5 vol. Paris, 1893-1913.

25. Commandant LUNET DE LAJONQUIÈRE. — Ethnographie du Tonkin septentrional. Paris 1906.
26. H. LANTENOIS. — Note sur la géologie de l'Indochine. *Mém. Soc. Géol. de France*. 4^e Série, Tome I, Mémoire n° 4, 1907.
27. LAURENT — Note à propos de deux gisements de plantes fossiles des formations lacustres tertiaires du Tonkin. *Extrait des Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences*. Congrès de Lille, 1909.
28. LECLÈRE. — Etude géologique et minière les provinces chinoises voisines du Tonkin. *Annales des Mines*. 1901.
29. A. MICHEL LEVY. — Structure et classification des roches éruptives. Paris 1889.
30. LYAUTEY. — Lettres du Tonkin et de Madagascar (1894-1899 2 vol. avec 28 dessins et 14 cartes en couleurs. Paris 1920
31. MALLET. — Esquisse géologique du Tonkin. *Revue Indochinoise* 1894.
32. H. MANSUY. — Géologie de la Haute Rivière Claire. *Bull. économique de l'Indochine*. N° 18. 1903.
33. H. MANSUY. — Contribution à la carte géologique de l'Indochine. Paléontologie. Hanoi 1908.
34. H. MANSUY. — Gisement préhistorique de la caverne de Pho Binh Gia (Tonkin). *L'Anthropologie*. T. XX. 1909.
35. H. MANSUY. — Paléontologie de l'Annam et du Tonkin. *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. II, Fasc. III. 1913.
36. H. MANSUY. — Faunes cambriennes du Haut-Tonkin. *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. IV, Fasc. II. 1915.
37. H. MANSUY. — Faunes cambriennes de l'Extrême-Orient méridional. *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V, Fasc. I. 1916.
38. H. MANSUY. — Sur quelques Mammifères fossiles récemment découverts en Indochine (Mémoire préliminaire). *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V, Fasc. II 1916.
39. H. MANSUY. — Faunes paléozoïques du Tonkin septentrional. *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V, Fasc. IV. 1916
40. H. MANSUY. — Etude complémentaire des faunes paléozoïques et triasiques de l'Est du Tonkin (Feuilles de That Khe, Pho Binh Gia, Lang Son). *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V, Fasc. IV. 1916.

41. H. MANSUY. — Description de quelques fossiles paléozoïques de la région de Pho Binh Gia et de Thai Nguyen (Tonkin). *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. V, Fasc. II. 1918.
42. H. MANSUY. — Faunes triasiques et liasiques de Na Cham (Tonkin). *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. VI, Fasc. I. 1919.
43. H. MANSUY. — Catalogue général, par terrains et par localités, des fossiles recueillis en Indochine et au Yunnan, par les géologues du Service Géologique et par les Officiers du Service Géographique de l'Indochine, au cours des années 1903-1918. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. VI, Fasc. VI. 1919.
44. H. MANSUY. — Supplément au Catalogue général par terrains et par localités des fossiles recueillis en Indochine et au Yunnan. *Bull. Serv. Géol. de l'Indochine*. Vol. VII, Fasc. III. 1920.
45. H. MANSUY. — Description de fossiles paléozoïques et mésozoïques du Tonkin septentrional (Feuilles de Cao Bang, de Ha Lang, de That Khe et de Lang Son). *Mém. Serv. Géol. de l'Indochine* Vol. VIII, Fasc. I. 1921.
46. Paul MARABAIL. — La Haute Région du Tonkin et l'Officier colonial. Cercle de Cao Bang. Paris. 1908.
47. PETITON. — Géologie de l'Indochine. Paris. 1895.
48. Ed. SUSS. — La Face de la Terre. Traduit et annoté sous la direction de E. de MARGERIE. 3 Vol. Paris. 1897-1918.
49. R. VERNEAU. — Les crânes humains du gisement préhistorique de Pho Binh Gia (Tonkin). *L'Anthropologie*, T. XX. 1909.
50. ZEIL. — Contribution à l'étude géologique du Haut Tonkin (Feuilles de That Khe, de Pho Binh Gia et de Loung Tcheou). *Mém. Soc. Géol. de France*. 4^e Série, Tome I, Mém. 3. 1 carte et 1 planche de coupes. 1907.
51. ZEILLER. — Flore fossile des Gîtes de charbon du Tonkin. *Etude des gîtes minéraux de la France. Colonies françaises*. 1903.

CARTES

52. H. MANSUY. — Carte géologique provisoire de l'Indochine au 1/200.000^e (Feuille N° 9. Cao Bang). *Service Géographique de l'Indochine*.
53. H. MANSUY. — Carte géologique provisoire de l'Indochine au 1/200.000^e (Feuille N° 10. Ha Lang). *Service Géographique de l'Indochine*.

54. ZEIL. — Carte géologique provisoire du Service des Mines de l'Indochine au 1/100.000^e. (Feuille de That Khe). *Service Géographique de l'Indochine*.
55. J. DEPRAT. — Carte géologique détaillée : Feuille n^o 7, Ha Giang. *Serv. Géogr. de l'Indochine*.
56. J. DEPRAT. — Carte géologique détaillée : Feuille n^o 2, Yen Minh. *Serv. Géogr. de l'Indochine*.
57. J. DEPRAT. — Carte géologique détaillée : Feuille n^o 1, Ma Li Po. *Serv. Géogr. de l'Indochine*.

SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'INDOCHINE. — Cartes topographiques diverses.

PREMIERE PARTIE

APERÇU GEOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

La région sur laquelle ont porté mes études occupe au Nord-Est du Tonkin, entre la frontière du Tonkin à l'Est de la province de Lang Son et du Territoire militaire de Cao Bang, et la Rivière Claire à l'Ouest, le pays élevé situé en bordure de la province chinoise du Kouang Si. Le schéma ci-dessous indique par des hachures l'extension des terrains dont j'ai effectué le lever.

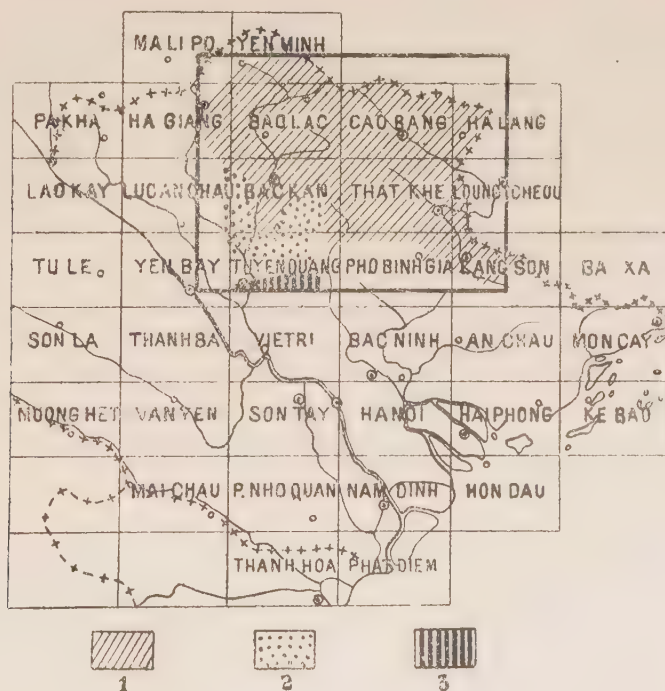


FIG. 1. — Croquis à l'échelle de $1/5.000.000^e$ de la région étudiée.

LÉGENDE : 1. Lever détaillé au $1/100.000^e$. — 2. Levers sommaires. — 3. Lever détaillé de M. le

Commandant DUSSAULT dans la région du Tam Dao.

Le rectangle en trait fort marque la limite de la carte géologique au $1/300.000^e$.

Il existe peu de descriptions géographiques de ces régions; en dehors des « *Lettres du Tonkin et de Madagascar* » de LYAUTEY, récemment publiées, je ne connais que les descriptions de M. DEPRAT [8] et celles des ouvrages du Docteur BILLET [2] et du Capitaine Paul MARABAIL [46].

L'ensemble de ce haut pays, extrêmement varié, peut être défini comme étant la partie médiane de la prolongation au Sud-Est des plateaux du Yunnan descendant vers la mer, entre le Fleuve Rouge et le You Kiang, affluent de la rive gauche du Si Kiang. L'axe nord-ouest — sud-est de la région étudiée correspond à peu près à la ligne de partage des eaux entre le bassin chinois et le Fleuve Rouge.

Cette ligne de partage des eaux suit, avec une direction d'abord nord-sud puis nord-ouest — sud-est, une série de montagnes ou de plateaux qu'il nous sera commode, bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'une *chaîne*, d'appeler Chaîne de Ngan Son, et où l'on peut reconnaître du Nord au Sud les régions naturelles suivantes dominant généralement le reste de la contrée.

Le Massif calcaire du Binh Lang,
le Pia Oac et le Massif du Nui Tong Tinh,
le Pays de Ngan Son,
le Massif calcaire du Kim Hi,
le Massif du Coc Xo,
le Massif du Bac Son.

A l'Est de ces divers massifs, où prennent naissance les affluents de la rive droite du cours français du Song Bang Giang, le Haut Song Bac Giang et ses tributaires, et quelques petits affluents de la rive gauche du Song Ky Kong, se trouve un pays assez uniforme, le Pays des Schistes du Song Hiem, à peu près limité à l'Est par une longue dépression nord-ouest — sud-est empruntée en partie par le Song Bang Giang et le Song Ky Kong, dépression dans laquelle sont conservés les bassins tertiaires de Cao Bang, de That Khe et de l'Est de Lang Son.

A l'Est de cette dépression nous trouvons du Nord au Sud le Plateau élevé de l'Est de Cao Bang qui se raccorde au Nord, par l'intermédiaire du petit Massif calcaire du Lung Xung, avec le Binh Lang. Ce Plateau s'abaisse brusquement au Sud de Dong Khe, où prend place, entre le Pays des Schistes du Song Hiem et la frontière, la dépression en forme de cuvette de Bi Nhi. Plus au Sud la région de Lang Son s'étend de la frontière au Bac Son, ceinturant complètement vers le Sud le Pays des Schistes du Song Hiem.

La « Chaîne de Ngan Son » est la limite vers l'Est d'une immense région complexe, arrosée ou plus exactement drainée par le Song Gam et ses affluents, et par les affluents de gauche de la Haute Rivière Claire. Cette région, dite région du Song Gam, comprend au Nord les hauts plateaux calcaires du Dong Quan et du Chang Pong.

Elle est limitée à l'Ouest dans la région de Ha Giang par la Rivière Claire qui la sépare du Massif granitique et gneissique du Haut Song Chay.

La région du Song Gam, qui occupe la presque totalité de la feuille au 1/100.000^e de Bao Lac, est traversée par un énorme massif montagneux très élevé, en forme d'arc, dont la direction est ouest-nord-ouest — est-sud-est entre Ha Giang et Yen Minh; vers

Lang Ca Phu, sur le Song Gam, cette direction devient d'abord nord-nord-ouest — sud-sud-est, puis enfin nord-sud jusque vers Bac Kan.

Nous donnerons à cet ensemble montagneux le nom de Plateau de Lang Ca Phu. La partie nord-ouest et la partie centrale de ce plateau surtout calcaire, seront pour nous le Massif du Pou Tha Ca, du nom du sommet le plus élevé de cette région. Nous distinguerons plus au Sud la région du Pia Ya et enfin le Pays de Cho Ra et du Phia Bioc qui se prolonge vers le Sud jusqu'au voisinage de Bac Kan.

Entre le Plateau de Lang Ca Phu d'une part, et d'autre part le Dong Quan et la Chaîne de Ngan Son, court une profonde dépression relativement étroite occupée successivement du Nord au Sud par la Haute vallée du Song Mien, affluent de la Rivière Claire, les vallées du Song Nhiem et du Song Niao, la Haute vallée du Song Nang, le ruisseau de Ha Hieu, tous affluents directs ou indirects du Song Gam, et enfin, au Sud, par la Haute vallée du Song Cau, affluent direct du Fleuve Rouge. Cette dépression sera désignée sous le nom de « Pays des Schistes du Song Nhiem et du Song Niao ».

Entre le Plateau de Lang Ca Phu et la Rivière Claire s'étend un vaste pays calcaire traversé par le cours moyen du Song Gam, le Massif du Moyen Song Gam, qui vient se terminer dans la partie nord-ouest de la feuille de Bac Kan.

Entre les hautes montagnes de la région du Phia Bioc à l'Est, et la Rivière Claire à l'Ouest, prend place un pays particulièrement accidenté, la Zone du Bas Song Gam, séparée vers le Sud, du Delta Tonkinois, par la crête élevée du Tam Dao. Une partie de cette Zone au voisinage de la Rivière Claire, et le Pays de Cho Chu situé plus à l'Est, appartiennent à ce que les Européens appellent ici la Moyenne Région du Tonkin.

Nous n'aurons à décrire au point de vue géographique ni les plateaux du Dong Quan et du Chang Poug, ni le bassin du Song Mien, ni la partie nord-ouest du Massif du Pou Tha Ca, ni le Massif du Haut Song Chay, déjà étudiés et décrits par M. DEPRAT [8], et nous n'aurons à considérer par la suite ces régions qu'au point de vue de leurs relations géologiques avec les contrées qui font plus spécialement l'objet de notre travail.

Les différents pays dont l'ensemble occupe le Nord-Est du Tonkin étant indiqués, nous allons les décrire successivement dans un premier chapitre.

Un deuxième chapitre sera réservé à quelques considérations sur les populations du Nord-Est du Tonkin.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DES REGIONS NATURELLES

I. — CHAÎNE DE NGAN SON

a. — *Le Massif du Binh Lang.*

Le Massif du Binh Lang forme, au Nord-Ouest de Cao Bang, un vaste pays calcaire bien individualisé, limité au Nord-Est, à partir de Bô Gai, par la vallée du Song Tse Lao, à l'Ouest par les Schistes du Song Niao, au Sud par la vallée de la Rivière de Nguyen Binh.

Ce Massif dépasse au Nord la frontière chinoise.

Il est traversé du Nord au Sud par la partie nord au Tonkin de la ligne de partage des eaux entre le bassin du Fleuve Rouge et le versant chinois. Cette ligne de partage des eaux est marquée par une série de hauts sommets, dont les plus élevés sont : la cote 1211 près du Blockhaus de Lung Mat ; le sommet 1728, et, au Sud, le Nui Lung Luong (1527 m.).

Ces sommets ne sont pas forcément les plus hauts de la région : c'est ainsi qu'au Nord-Est de Bao Lac, des pics calcaires de 1528 et 1805 m. appartiennent au versant du Fleuve Rouge, et sont déjà à plusieurs kilomètres à l'Ouest de la ligne de partage des eaux.

Ce phénomène est assez général, et c'est souvent que nous verrons de hautes montagnes appartenir à l'un des deux bassins séparés par une ligne de crête dont les pics culminants sont beaucoup plus bas.

L'ensemble du Binh Lang se présente, entre les vallées que nous avons indiquées ci-dessus, comme une vaste croupe nord-ouest — sud-est plus ou moins élargie en divers points, se tenant toujours à une altitude assez grande, et descendant assez vite sur tout son pourtour, en brusques redans successifs. C'est un pays d'accès très difficile et traversé, suivant ses angles, par trois pistes cavalières seulement :

- 1° au Nord, près de la frontière, la piste de Soc Giang à Bao Lac ;
- 2° au Sud-Est, la piste de Nguyen Binh à Trung Trang ;
- 3° au Sud-Ouest la piste de Nguyen Binh à Bao Lac.

Dans l'espace compris entre ces trois pistes, la région, à peine habitée par des Mans et des Méos, n'est abordable qu'aux piétons, par des sentiers extrêmement pénibles, montant fréquemment au milieu des calcaires par d'étroites fentes où tout l'aménagement consiste en quelques échelles de bambous.

Le plateau du Binh Lang présente deux physionomies différentes suivant l'absence ou la présence dans les calcaires de roche ferrugineuse. Dans le premier cas on a affaire à des calcaires massifs très boisés, sculptés en pitons et dolines, parfois tout à fait impénétrables et inhabités. Dans le deuxième cas la forêt a disparu ; quelques vallons plus ou moins longs se dessinent, au fond desquels s'abritent quelques chaumières de Mans ou de Méos.

Au point de vue hydrographique la circulation souterraine a une grande importance, et ce n'est que dans quelques vallons plus profondément érodés du Sud-Est du Binh Lang que les rivières coulent en surface : grottes, lapiés, tunnels, pertes et résurgences, dolines de toutes dimensions sont communs.

Toute la partie centrale ne montre que des torrents à sec en hiver ; des vallées sèches suspendues sont fréquentes, aux altitudes les plus variées, formant parfois de véritables cirques tel que celui de Dong Mu (893 m.), particulièrement pittoresque avec ses maisons disséminées au milieu de la plaine et les hautes montagnes qui le dominent de toute part ; les eaux concentrées dans ce cirque, qui a plus de 3 kilomètres de long sur 1 de large, s'écoulent souterrainement dans le Song Gam.

On peut également citer le cirque à bétouilles de Tap Na, traversé suivant sa longueur par la route de Nguyen Binh à Trung Trang (435 m.), dont les eaux vont rejoindre vers l'Est la Rivière de Nguyen Binh, après un parcours souterrain de plusieurs kilomètres. Ce n'est qu'exceptionnellement que les vallées entament profondément les calcaires en y creusant d'étroits canyons : c'est le cas du canyon de la Rivière de Nguyen Binh en aval de Ta Sa.

b. — *Le Massif du Nui Tong Tinh et le Pia Oac.*

Bien différent d'aspect du Binh Lang est le Massif du Nui Tong Tinh, largement dominé au Nord-Est par les hauts sommets granulitiques du Pia Oac (1931 et 1917 m.).

L'ensemble du Nui Tong Tinh et du Pia Oac est séparé du Binh Lang par la cuvette allongée de Tinh Tuc et de Nam Kep, cuvette profonde brusquement limitée à l'Ouest par le col du Cao Son (1200 m.) et à l'Est par le col de Nam Kep (Photographie A, Pl. I). La grande ligne de partage des eaux passe par le col du Cao Son, et la cuvette de Tinh Tuc, bien alimentée par les torrents du flanc nord du Pia Oac, a pour déversoir la Rivière de Nguyen Binh qui reçoit les eaux de Tinh Tuc peu après leur sortie d'un tunnel de plus de 2 kilomètres de long. Des terrasses alluvionnaires très nettes, coupées par le lit actuel de la rivière, se voient dans la cuvette de Tinh Tuc (Photographie B, Pl. I).

Le Massif de Granulite du Pia Oac, couvert de belle forêt, ressort vivement sur l'ensemble dénudé du Massif du Nui Tong Tinh, formé de gneiss, et profondément entamé à l'Ouest par les hauts torrents affluents du Song Nang.

L'accès du Pia Oac est assez facile, et nombreux sont les chemins rendus nécessaires dans une région où l'attention a été appelée par les gîtes d'étain actuellement exploités et depuis longtemps connus.

Au Nord-Ouest, le Nui Tong Tinh présente un revêtement de calcaires massifs très profondément entamé par une vallée descendue du Pia Oac.

Vers le Sud ces calcaires ne sont plus représentés que par une étroite bande que les rivières de Beausite et du col de Lea traversent dans des gorges aux flancs abrupts.

C'est au Sud du massif du Nui Tong Tinh que prend naissance, vers l'altitude de 1200 m., le Song Hiem, principal affluent du Song Bang Giang, pour descendre, sur moins de 3 kilomètres, à l'altitude de 700 m. et à celle de 400 m. à quelques kilomètres plus loin.

c. — *Le Pays de Ngan Son, le Massif du Coc Xo et le Kim Hi.*

Le Massif du Nui Tong Tinh se continue vers le Sud par un ensemble montagneux élevé, séparé à l'Ouest et à l'Est des pays voisins par des dépressions profondes. Cet ensemble comprend au Nord le Pays de Ngan Son, et au Sud le Massif du Coc Xo que domine, à une grande hauteur en sa partie nord, un entablement calcaire en pente vers l'Est, sculpté en pitons et dolines et couvert d'une forêt impénétrable, le Kim Hi. Le Kim Hi est complètement inhabité et c'est à peine s'il est possible d'entrer dans les cirques les plus voisins de la bordure ; aucun chemin n'y existe, et le fond des ravins est tapissé de hautes herbes où pullulent des sangsues terrestres ; les habitants Thos des rares villages installés dans les vallées qui l'entourent n'y pénètrent jamais. Sa terminaison à l'Ouest forme falaise sur le Pays de Schistes du Song Cau. Je signalerai au Nord du Kim Hi la belle perte de la rivière de Xime Kouen, qui, après s'être creusé au milieu des calcaires un étroit et profond canyon de 2 kilomètres de long, va rejoindre, dans la région de Luong Thuong, le Song Bac Giang, par un tunnel tout à fait inaccessible de plus de 6 kilomètres.

L'ensemble du Pays de Ngan Son et du Massif du Coc Xo est d'un type assez particulier : de nombreuses bandes calcaires presque horizontales restent en saillies et forment des corniches étagées séparées par des pentes abruptes, assez régulières comme inclinaison, mais profondément ravinées. Le tout est surmonté de pics déchiquetés aux formes hardies, qui ressortent d'autant plus que le pays n'est guère boisé. Les plus hauts sommets sont le Phan Ngame (1262 m.) dans le Pays de Ngan Son, le signal de Kim Hi (841 m.) et la montagne de Nam Lao (913 m.) dans le Kim Hi, le signal de Coc Xo (1131 m.) dans le Massif auquel il donne son nom.

Le seul centre un peu important est celui de Ngan Son, occupé par un poste de garde indigène et placé dans l'un des sites les plus pittoresques du Nord du Tonkin (Photographie C, Pl. I).

L'intérêt de ce poste, déjà ancien, paraît résider uniquement dans l'existence aux environs de gîtes métallifères autrefois exploités par les Chinois (Filons de galène argentifère et alluvions aurifères).

Entre le col du Cao Son et le Sud du Massif du Coc Xo, c'est à dire sur une longueur de quatre-vingts kilomètres, rares sont les chemins qui permettent de passer du versant chinois au versant tonkinois ; en dehors de la belle route de Cao Bang à Bac Kan passant par Ngan Son, route automobilable en saison sèche, il n'existe que trois sentiers muletiers : au Nord celui du col de Lea traverse le Massif granitique du Pia Oac. Au Sud deux pistes cavalières assez rudes réunissent Yen Lac à Bac Kan, l'une suivant la bordure nord du Kim Hi, l'autre traversant le Massif du Coc Xo.

d. — *Le Bac Son.*

J'ai peu à dire du Bac Son, grand massif karstique boisé que longe à l'Est la ligne de chemin de fer de Hanoi à Lang Son; ce massif dont je n'ai étudié que la pointe nord ne diffère pas comme aspect du Massif de l'Est de Cao Bang que nous décrirons en détail. Il est bien connu des Européens qui le nomment plus généralement le *Cai Kinh*, du nom d'un Chef pirate qui s'y était établi.

2. — BASSINS DU SONG HIEM ET DU SONG BAC GIANG

Plus à l'Est les Bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang tranchent par leur uniformité sur les éléments que nous venons de considérer. C'est un immense pays de schistes, profondément disséqué par l'érosion, et qui s'abaisse lentement depuis la Chaîne de Ngan Son jusqu'à la dépression occidentale occupée par le Song Bang Giang et le Song Ky Kong. A l'exception de quelques massifs plus élevés et couverts de belles forêts, l'ensemble des sommets à lignes molles est recouvert par un monotone manteau de bambous, que deux ou trois pistes seulement permettent de traverser, sans avoir d'autre horizon que quelques arbres disséminés dans la fuite destiges grêles et élancées.

L'érosion a profondément creusé ce pays de schistes, et le Song Hiem, le Song Bac Giang et leurs affluents coulent dans des gorges étroites et profondes, théâtres d'éboulements incessants. Aussi les pistes, parmi lesquelles je signalerai seulement les deux principales, celle de Dong Khe à Ngan Son et celle de That Khe à Yen Lac, suivent-elles de préférence les lignes de crêtes.

En différents points des Bassins du Song Bac Giang et du Song Hiem, la forêt de bambous fait place à une brousse composée d'herbe à paillottes (*Saccharum spicatum*), graminées aux feuilles coupantes, dépassant 2 mètres de haut et dans laquelle il est bien difficile à un homme seul de se frayer un passage. Cette brousse couvre tous les bas fonds et les quelques régions qui ont été brûlées par les indigènes pour y établir leurs cultures, puis abandonnées. Une brousse moins épaisse, mêlée de fougères, occupe plus particulièrement le Sud et l'Est du Bassin du Song Bac Giang; elle correspond en partie aux grands massifs de roches éruptives de l'Ouest et du Sud de That Khe, traduits par une ligne de sommets plus élevés, parmi lesquels je citerai le Khao Sam Sao (848 m.), le Lung Phai (808 m.), le Khao Xiem (750 m.), le Khao Moue (819 m.), et aussi à la partie du Bassin du Song Bac Giang traversé par la piste de Pho Binh Gia à Na Ri. Ces pays de grands mamelons, où les arbres sont rares, ont une physionomie toute particulière (Photographie A, Pl. VII).

Le Pays des Schistes du Song Hiem et du Song Bac Giang se prolonge vers le Nord dans la vallée du Song Bang Giang jusqu'aux environs de Soc Giang.

Le Song Bang Giang prend sa source près de la frontière, à quelques kilomètres au Nord-Ouest de Soc Giang. Après un faible parcours ouest-est il prend, près de la Porte de Chine de Binh Mang, la direction nord-ouest — sud-est qu'il conservera jusqu'au delà de Cao Bang. Il traverse d'abord, par un large canyon, à l'altitude de 250 m. environ, la masse rocheuse du Nord de Soc Giang, séparant dans cette masse les Massifs de Ma Lip et du Lung Xung; puis, à partir de ce poste jusqu'aux environs

de Mo Xat, il s'est frayé un étroit passage entre les pentes escarpées du Massif calcaire du Lung Xung et les collines de schistes de Soc Giang ; ces collines, dominées à l'Est par les pentes du Lu Khu, atteignent 592 m. à leur point culminant, pour se terminer au Nord-Ouest par l'éperon sur l'extrémité duquel est bâti le poste de Soc Giang. Elles sont traversées d'une façon assez capricieuse par le Tam Boun suivant une étroite vallée aux flancs abrupts. Au Sud de Mo Xat, après avoir reçu les eaux du Tam Boun, le Song Bang Giang poursuit d'abord sa route entre les collines du Cao Mia (529 m.) et le Tong Mai (667 m.) ; puis il élargit considérablement sa vallée qui, après avoir reçu les eaux de la Rivière de Na Giang et du Song Tse Lao, se transforme en une belle et riche plaine d'alluvions se prolongeant jusqu'un peu au Sud-Est de Cao Bang, au pied de hauts massifs de roches éruptives (Photographie B, Pl. VII). Cette plaine très peuplée, qui montre quelques terrasses peu élevées au-dessus des alluvions actuelles, est limitée vers le Sud par de petits mamelons herbeux, correspondant à un bassin tertiaire, d'aspect différent des mamelons des Schistes du Song Hiem, et couverts d'une brousse peu épaisse d'herbe à paillette (*Saccharum spicatum*), parsemée de petits arbustes aux fleurs rouges (*Melastoma 7-nervia* et *Eugenia canescens*), et où abondent des fougères variées, plus particulièrement *Gleichenia dichotoma* et *Lygodium scandens*.

Des vestiges de hauts niveaux, à plus de 100 m. au dessus des alluvions actuelles, sont fréquents aux environs de Cao Bang.

Vers le Sud de la région des Schistes du Song Bac Giang, le petit Pays de Yen Lac, avec ses lames calcaires, ses collines gazonnées à pentes faibles, et ses rochers isolés, tranche aussi très vigoureusement sur la forêt de bambous qui l'entoure.

Je signalerai enfin que, au Nord de Ngan Son, les schistes du Cao Piet (1458 m.) dominant largement le Pays de Ngan Son. A l'Est de la même localité, une vallée d'alluvions située à l'altitude de 400 m. environ sépare ce Pays en partie calcaire, des montagnes du Pays des schistes qui atteignent là près de 1200 m.

3. — PLATEAU DE L'EST DE CAO BANG

La vallée du Song Bang Giang est limitée à l'Est par un plateau qui s'étend, avec des aspects variés, jusqu'à la frontière de Chine. La bordure de ce Plateau est constituée presque partout par une falaise qui domine, de plusieurs centaines de mètres, la vallée.

Aussi l'accès du Plateau est-il assez difficile. En dehors de deux chemins muletiers, l'un partant de Soc Giang pour le Lu Khu, l'autre beaucoup plus important partant de Cao Bang pour la région des Ba Chau et empruntant le col bien connu du Deo Ma Phuc, il n'existe que des sentiers de piétons extrêmement difficiles, d'ailleurs peu nombreux, où des échelles sont parfois aménagées par les habitants (Photographie D, Pl. III).

Le Plateau de l'Est de Cao Bang s'étend vers le Sud jusqu'au Sud de Dong Khe ; mais le Song Bang Giang y creuse dans les calcaires, à l'Est de Cao Bang, un profond et pittoresque canyon : après une double boucle dans les schistes, ce fleuve prend, dans la vallée de Phuc Hoa et de Ta Lung, point où il quitte le Territoire tonkinois, la

direction sud-ouest qu'il conservera jusqu'à Loung Tcheou ; à partir de Phuc Hoa il suit, entre deux hautes falaises calcaires, un couloir de plus de quatre kilomètres de largeur. Le Pays de Dong Khe occupe la partie du Plateau de l'Est de Cao Bang située au Sud du Song Bang Giang.

La partie située au Nord de ce fleuve comprend le Lu Khu et le Massif des Ba Chau, séparés assez conventionnellement l'un de l'autre par la vallée de Tra Linh. Le Lu Khu, assez uniforme, constitue un ensemble géographique net. En revanche le Massif des Ba Chau est complexe et l'on peut y distinguer les pays suivants : une zone de calcaires massifs en bordure de la vallée du Song Bang Giang, le Pays du Quang Uyen, qui n'est autre que le prolongement au Sud du Lu Khu, avec des caractères assez comparables ; à l'Est du Quang Uyen, une série de hauts mamelons, formant une crête sud-ouest — nord-est et se prolongeant fort loin en Chine, occupe un pays auquel nous avons donné le nom de Bong Son (du nom d'une des communes les plus importantes) ; le Bong Son délimite deux régions, au Nord la Région de Trung Khanh Phu, et au Sud le Pays de Ha Lang.

L'ensemble du Plateau de l'Est de Cao Bang, en continuité avec les régions du Nord (Yunnan et Kouang Si) descend lentement du Nord vers le Sud, du Lu Khu où il dépasse les cotes 1000 vers le pays de Dong Khe à 600 m. environ.

Il y a peu de rivières sur la partie tonkinoise du Plateau de l'Est de Cao Bang. Nous n'avons à citer que la Rivière de Tra Linh rejoignant à Cao Bang le Song Bang Giang, le Song Ba Vong et son affluent la Nam Ta, tributaire également du Song Bang Giang dans lequel il se jette à Ta Lung, et enfin la Kouei Chouan, située à l'extrême Est de nos possessions dont elle suit la frontière sur une partie de son cours ; cette dernière est directement tributaire du Si Kiang.

Ces indications générales étant données, nous allons décrire les divers éléments géographiques dont l'ensemble constitue le Plateau de l'Est de Cao Bang, en commençant par la bordure du Nord au Sud.

a. — *Le Lu Khu.*

Au Nord, c'est le Lu Khu, massif calcaire dont toute une partie est riche en roches ferrugineuses. Tandis que la région de bordure, qui ne contient pas cette roche, est exclusivement calcaire, très boisée, et découpée par de longs et profonds couloirs, tout le reste du Lu Khu présente une physionomie bien spéciale ; c'est une surface que l'érosion a faiblement attaquée, en laissant à divers niveaux, sur des mamelons aux pentes adoucies, des pitons ou des arêtes calcaires, formant un vrai dédale. La circulation des eaux est entièrement souterraine. C'est en général un pays aride et triste, et, par un temps couvert, avec ses pentes rocailleuses, rougeâtres, parsemées de rochers sombres, sans arbres, presque sans herbe, il devient lugubre. Les rares chemins qui le parcourent suivent des ravins desséchés. On n'a presque pas d'horizon et c'est à peine si de temps en temps, à l'entrée d'un ravin, un ou deux arbres, se profilant sur un fond plus lointain, viennent rompre la monotonie du paysage.

Aussi les villages sont très rares ; et c'est exceptionnellement que l'on rencontre quelques Méos ou quelques familles Nungs habitant, au fond d'un cirque profond, de misérables demeures. Pas d'eau autre que celle recueillie pendant la pluie dans des

trous en forme de calotte sphérique, creusés dans l'argile du fond des cirques ; cependant un ou deux groupes plus privilégiés peuvent descendre, par une longue galerie, prendre l'eau d'une rivière souterraine.

Il n'y a pas de résurgences dans le plateau ; les ruisseaux sont à sec en saison sèche ; et, en période de pluies, les eaux en disparaissent tout de suite dans quelque trou pour ne ressortir qu'au bas du Lu Khu, dans la vallée du Song Bang Giang ou de ses affluents.

Le niveau des cirques descend du Nord au Sud de 700 à 600 m. ; les pitons les plus élevés atteignent plus de 900 m. ; tout à fait au Nord certains pics dépassent 1000 m. ; le principal d'entre eux, le Cat Ma a 1057 m.

b. — *Le Lung Xung.*

Vers le Nord le Lu Khu n'est séparé, ainsi que nous l'avons dit, que par la vallée du Song Bang Giang d'un petit massif calcaire, le Lung Xung.

Le Lung Xung est limité par les cours parallèles du Song Bang Giang à l'Est, et du Song Tse Lao, à l'Ouest. Sauf au Nord, aux environs de Bo Gai, c'est par une brusque et haute falaise qu'il se termine de tous les côtés. Ce n'est pas un plateau ; mais des bords supérieurs de la falaise, il s'élève vers son axe de façon à former une arête dont le point culminant, le Nui Lung Hoai, porte à 1339 m. sa cîme boisée (Photographie A, Pl. II). De nombreux petits villages méos ont trouvé un abri dans des cirques d'accès difficile, qui ont longtemps servi de séjour à un chef pirate, Ti Tien Duc. Un petit poste, aujourd'hui abandonné, avait dû être construit près du hameau de Lung Xung.

c. — *Le Pays de Tra Linh.*

Le Lu Khu est limité au Sud par la vallée de Tra Linh.

La rivière de Tra Linh, avec une direction nord-sud, a érodé profondément la carapace calcaire du Plateau et atteint les schistes du substratum qui forment à l'Est des mamelons importants, dont les points culminants sont à 976 et 962 m. Ces mamelons, couverts de hautes herbes, abritent vers le Sud, dans leurs ravins élevés, une demi douzaine de hameaux Mans ; ils contrastent vivement avec la jolie vallée de Tra Linh, bien alluvionnée, parsemée de nombreux petits rochers, et dans laquelle sont installés quantité de villages Thos et Nungs, qui se sont également répandus dans la région la plus voisine du Lu Khu, où ils occupent une série de cirques alignés suivant une ligne nord-ouest — sud-est. La rivière, après avoir suivi à peu près, depuis sa sortie de Chine jusqu'au Sud de Vac Ga, avec une pente assez faible à l'altitude de 670 m., le contact des schistes et des calcaires, s'est creusée dans ces derniers un profond couloir entre deux hautes murailles boisées, avant de disparaître par une très belle perte. La vallée de Tra Linh est suivie par une route importante, allant de la frontière de Chine à Cao Bang, et qui est presque partout carrossable à l'exception du passage du col du Deo Ma Phuc, sur la bordure même du Massif, où des études pour un nouveau tracé sont actuellement en cours.

d. — *Le Quang Uyen.*

Plus au Sud le Quang Uyen est un pays assez homogène qui s'étend suivant un rectangle d'une vingtaine de kilomètres de long sur quinze de large, jusqu'au Song Bang Giang dans la région de Phuc Hoa et Ta Lung. Ce Pays donne de beaux exemples des phases avancées de l'érosion dans les régions calcaires ; il est découpé en petits massifs discontinus, plus ou moins importants, dont quelques sommets approchent de 1000 m. d'altitude ; ces massifs reposent sur une surface presque plane qui s'incline régulièrement de la cote 600 environ au Nord-Ouest jusque vers la cote 200 au Sud-Est. Vers le Sud-Ouest, la descente est assez brusque et se fait, suivant une bande assez étroite, par cascades successives. Les cirques individualisés, qu'on reconnaît encore dans le Quang Uyen, sont réunis de plein pied non seulement aux cirques qui se trouvent sur l'alignement de la même vallée, mais souvent aussi aux cirques des vallées voisines : un bel exemple de cet aspect géographique est donné par le paquet calcaire de Phuc Hoa dont le point culminant, 625 m., domine de 400 m. les alluvions des cirques. En d'autres endroits, comme aux environs de Phia Cang, l'érosion est poussée à tel point qu'il ne reste plus de la masse calcaire que de petits pitons isolés, disséminés dans la plaine et reposant sur les schistes atteints par l'érosion.

Aussi le Quang Uyen présente-t-il quelques belles rivières au niveau du sol ; cependant la circulation souterraine conserve en partie ses droits, et l'on ne compte pas les grottes, pertes et résurgences dont le pays fourmille. Je signalerai une très belle chute sur le Song Ba Vong, à Na Tau où les eaux tombent de 80 m. de hauteur d'une étroite coupure dans le rocher.

Avec ses grands cirques et ses vallées d'alluvions, c'est un pays riche, très cultivé en rizières et exclusivement habité par des Thos.

De Quang Uyen, où est installée la délégation, partent trois routes carrossables ; la première va rejoindre la route de Tra Linh à Cao Bang au-dessus du Deo Ma Phuc, la seconde va à Trung Khanh Phu et la troisième à Ta Lung. De très nombreux chemins de piétons desservent tous les points du Quang Uyen.

e. — *Le Pays de Dong Khe.*

Au Sud du Song Bang Giang, le Pays de Dong Khe tire de sa structure géologique une allure spéciale. Il est formé, comme nous le verrons, de dômes de schistes serrés les uns contre les autres et ayant conservé dans les synclinaux et sur sa bordure des lambeaux de la couverture calcaire ; l'érosion a entamé profondément l'ensemble, pénétrant très avant dans les schistes. On a ainsi des vallées étroites dont les deux flancs sont surmontés par une falaise calcaire, comme dans la commune de Yen Dzuong ; dans le centre du massif, tous les calcaires ont été enlevés et il ne reste plus que les schistes formant des mamelons généralement boisés, creusés de ravins abrupts, mais dont les sommets présentent des lignes adoucies témoignant d'une érosion ancienne. Vue de loin, la partie sud du Pays de Dong Khe montre ces collines de schistes ceinturées de rochers calcaires, le tout semblant nivelé à 600 m. d'altitude environ. Près

de Tan Boun un paquet calcaire montre de petites vallées suspendues étagées à diverses hauteurs.

Au Sud-Est de la région de Dong Khe, le massif karstique de Na La, très boisé, d'accès difficile, présente des cirques étroits aux falaises escarpées, séparés par des cols élevés.

Le Pays de Dong Khe est la seule partie du Plateau de l'Est de Cao Bang dans laquelle pénètre une grande route venant de l'extérieur. Il est en effet traversé par la route praticable en toutes saisons aux automobiles, de Lang Son à Cao Bang ; cette route y rentre par la coupure du Lung Phai, creusée dans les calcaires par un ruisseau peu important, et en sort par un col difficile où ont été aménagés de nombreux lacets et un tunnel.

En revanche aucune autre route carrossable n'existe dans le pays de Dong Khe ; en dehors de sentiers peu commodes, on y trouve quatre pistes cavalières importantes dont trois, conduisant à Ta Lung, sont les restes de vaines tentatives pour la recherche d'un tracé réunissant Dong Khe, et par conséquent l'extérieur du massif, à l'intérieur du Plateau de l'Est de Cao Bang. La quatrième se dirige vers Ngan Son.

La région de Dong Khe est occupée exclusivement par des Thos et des Nungs qui cultivent en rizières les parties arrosées.

f. — *Le Bong Son.*

Nous avons vu que, à l'Est du Quang Uyen, l'enclave de pénétration que forme en Chine le Territoire tonkinois comprend deux pays distincts, le Pays de Trung Khanh Phu et celui de Ha Lang, séparés par les Collines du Bong Son. Ces Collines correspondent, comme nous le verrons, à un anticlinal de grès et de schistes, de direction nette sud-ouest — nord-est. Il est démantelé en une ligne de crêtes à l'altitude moyenne de 800 m. (point culminant 910 m.) ; il a environ, au Tonkin, 30 kilomètres de long sur 10 à 12 kilomètres de plus grande largeur, et se poursuit au Nord-Est en Chine. La Kouei Chouan, affluent de droite du Si Kiang, coupe transversalement ce massif, suivant la frontière, par une vallée assez large à l'altitude approximative de 380 m. ; de même la Nam Ta coupe au Sud-Est l'Anticlinal par une gorge profonde aux flancs abrupts.

Ce petit massif, dont l'allure géographique est imposée par l'inclinaison des couches, est assez monotone. Il est formé de mamelons herbeux, presque entièrement déboisés sauf dans les ravins du versant sud, et à peine habités par quelques villages de Mans Tien. Un sentier muletier traverse les Collines du Bong Son et va de la route de Ha Lang à Ban Cra, jusqu'à Po Tau sur la route de Trung Khang Phu à Ban Gioc. De plus une route, suivant le cours de la Kouei Chouan, réunit Ban Gioc à Ban Cra.

g. — *Le Pays de Trung Khanh Phu.*

Au Nord des Collines du Bong Son le Pays de Trung Khanh Phu peut être cité comme l'un des plus pittoresques de cette jolie région. Il présente d'abord à l'Ouest un massif calcaire boisé dont le sommet le plus élevé est le Deou Leou (889 m.). Ce petit massif, qui limite à l'Est les collines de schistes de la région de Tra Linh, n'est autre

chose que la prolongation nord-ouest du Pays de Quang Uyen. Il est limité lui-même à l'Est par une dépression peu accusée qui le sépare d'une petite région bien individualisée, le Plateau de Hang Ga. Ce plateau présente des collines herbeuses peu élevées, et de petits rochers aux formes bizarres, séparés par un réseau de vallons cultivés en rizières.

Les collines du Plateau de Hang Ga, qui atteignent 809 m. au Nord-Ouest du plateau, descendent progressivement vers le Sud-Est jusqu'à l'altitude d'environ 650 m. La bordure est du plateau dévale en pente raide vers la Nam Ta.

La Nam Ta est une jolie rivière qui rentre au Tonkin aux environs du Blockhaus de Bong Gao à l'altitude de 575 m. ; sa vallée, d'abord assez étranglée entre ses berges ombragées de marronniers, s'élargit après le pont de Ban Bao et arrose, jusqu'à son arrivée aux collines du Bong Son, de fertiles plaines de rizières, en passant par Tong Hué (Photographie D, Pl. I), dont on cite le pont pittoresque.

Sur la rive gauche de la Nam Ta existe une zone calcaire importante, presque en continuité, par l'intermédiaire du petit massif du Binh Lang (801 m.) avec les calcaires du Quang Uyen. Cette zone calcaire débute au Sud contre les Collines du Bong Son, aux environs de Tu My, où elle est assez fortement attaquée par l'érosion qui y a creusé une série de grands cirques communiquant presque tous entre eux de plein pied, et dont les fonds sont sur un même plan descendant de la cote 600 près de Tu My jusque vers la cote 470 dans la vallée de la Nam Ta ; la plupart de ces cirques sont habités par des Thos et cultivés en rizières ; ils sont entourés de falaises boisées, abruptes, les dominant d'environ 200 m.

La zone des calcaires se continue avec les mêmes caractères vers le Nord sur la rive gauche de la Nam Ta, puis tout le long de la frontière, en remontant vers le Nord-Est.

Ces calcaires forment là une masse à peu près horizontale, très découpée en cirques nivelés suivant un même plan aux environs de 600 m., et qui sont séparés par des cols peu élevés ou souvent même réunis entre eux par des coupures au même niveau, de façon à former de véritables vallées. Le fond très cultivé, est rempli d'argile de décalcification ; le sommet le plus élevé, le signal de Lung Dinh, est à 914 m. (Photographie E, Pl. I). Les vallées d'érosion sont orientées nord-ouest — sud-est. Plus au Nord-Est les calcaires du Phong Nam forment un massif bien individualisé. Compris entre le superbe couloir que s'est creusé la Kouei Chouan à son entrée au Tonkin, et le ruisseau qui, de la borne 76 va rejoindre la Kouei Chouan, il s'élève du lit des rivières, à la cote 500 environ, jusqu'à plus de 900 m. L'érosion l'a découpé en pitons, en pains de sucre serrés, s'étageant en gradins de la base au sommet : il est complètement boisé et tout à fait inaccessible.

La Kouei Chouan coule au Nord-Est de ce massif entre deux belles falaises ; la rive gauche, de même allure que le Phong Nam, n'est que la prolongation en Chine de celui-ci. De nombreux témoins calcaires, sculptés en pics de toutes dimensions, sont semés un peu partout dans la vallée.

Le centre même du Pays de Trung Khanh Phu est occupé par des collines gazonnées aux aspects tout différents de ceux des Collines du Bong Son.

La partie occidentale de cette région est formée de mamelons assez bas couverts de hautes herbes (Photographie E, Pl. I). La partie médiane, sur quelques kilomètres

au Nord et au Sud de Chi Choi, se présente sous l'aspect de petites collines couvertes d'une brousse basse, coupée de nombreux bosquets.

Elle est traversée près de Chi Choi par la Kouei Chouan qui, à sa sortie des calcaires du Phong Nam, élargit en aval sa riche vallée abondamment arrosée par les indigènes à l'aide de batteries de norias en bambous ; cette rivière se fraye un chemin sinueux dans la partie est du Pays de Trung Khanh Phu et descend de cascade en cascade pour atteindre la frontière nord-est, au voisinage de Ban Gioc, avant de traverser les Collines du Bong Son. Le poste de Ban Gioc, actuellement inoccupé, perché sur un rocher d'une trentaine de mètres de hauteur, domine les rapides capricieux de la rivière et une plaine très peuplée, coupée de lapiés, entourée de hautes falaises. C'est un des plus jolis coins du Tonkin, qui, si ce n'était son éloignement de la capitale et la difficulté des moyens de communications, mériterait la visite des touristes pour ses grottes, son curieux pont en Z courant de rocher en rocher à travers la rivière, et surtout les splendides chutes étagées de Tu Tong, plus connues des Européens sous le nom de chutes de Ban Gioc (Photographie B, Pl. II).

Un joli chemin carrossable au milieu de rochers dolomitiques ruiniformes, réunit Trung Khanh Phu à Ban Gioc ; il traverse, aux environs de Po Tau, un pays très érodé où les calcaires ne subsistent plus que sous la forme de petits pitons isolés (Photographie C, Pl. II). C'est le prolongement de la belle route de Tra Linh à Trung Khanh Phu, qui serpente, en passant d'un cirque à l'autre, à travers le massif rocheux du Deou Leou et de la Nam Ta et le Plateau de Hang Ga.

La région de Trung Khanh Phu est occupée par un grand nombre de villages de Thos et de Nungs, qui cultivent le riz dans les parties basses facilement irrigables, et ailleurs le maïs, le sarrasin, le pavot à opium, et même un peu de blé.

h. — *Le Pays de Ha Lang.*

Au Sud des Collines du Bong Son, entre ces Collines, la frontière de Chine, et le Song Ba Vong, le Pays de Ha Lang se présente avec une physionomie très spéciale. Séparé du Quang Uyen par la zone de mamelons herbeux, rarement boisés, des environs de Cach Linh, zone traversée par le Song Ba Vong, ce pays se divise en deux parties d'aspect très différent : en bordure des Collines du Bong Son, le massif karstique de Vinh To ; et, au Sud de ce massif, le Pays de Ha Lang proprement dit.

Les calcaires de Vinh To, séparés des Collines du Bong Son par une dépression dépassant peu l'altitude de 400 m., dépression que suit, pendant une bonne partie de son trajet, la route de Ban Cra à Ha Lang, forment un massif presque inaccessible d'orientation est-ouest, dont le point culminant atteint 812 m. au signal de Ha Lang, et dont la largeur, au Nord de Ha Lang, ne dépasse pas 4 kilomètres. Ce massif se termine à l'Ouest par les rochers du Loung Tinh. Il se continue vers l'Est en Chine, et au Nord-Est par la région de Ban Cra.

Malgré son peu d'étendue ce pays est l'un des plus impénétrables de l'Est du Tonkin, et il n'y a guère dans la contrée que le Massif du Lung Xung, dont nous avons déjà parlé, qui soit d'accès aussi difficile.

Tandis que la région du Quang Uyen nous a montré les témoins d'une érosion déjà poussée, les calcaires de Vinh To en présentent de bons exemples des premiers stades.

Ce sont de hauts pitons aux formes fantastiques, complètement boisés, laissant entre eux des cirques profonds ; l'érosion, encore peu avancée, n'a pas réuni ces cirques entre eux, et l'on passe de l'un à l'autre par des cols dominant de deux ou trois cents mètres les alluvions du cirque ; les pentes sont abruptes et entièrement couvertes d'éboulis de blocs énormes ; au fond, un peu d'argile de décalcification parsemée de blocs éboulés ; ce n'est que sur les sommets que l'on peut voir les calcaires en place ; naturellement, la circulation des eaux est entièrement souterraine. Cette région est à peine habitée par quelques familles Mans qui cultivent un peu de maïs dans les cirques et ont aménagé de rares passages avec des passerelles et des échelles primitives faites de quelques branches d'arbre attachées ensemble. Cependant quelques cirques plus grands et plus accessibles, bien arrosés, sont habités par des Thos et cultivés en rizières (Photographie F, Pl. I).

Aussi cette barrière rocheuse a-t-elle servi de repaire aux pirates pendant et longtemps après la conquête : on cite souvent le cirque de Loung Che, au Nord-Ouest de Ha Lang, où s'était installé à plusieurs reprises le chef pirate DANG HA HOP qui n'a été définitivement délogé qu'en 1895 (BILLET 2, p. 34) ; ce cirque, très voisin des Collines du Bong Son, communiquait avec la région des schistes par des échelles en bambous faciles à détruire, et avec le cirque voisin de Lung Chi par un étroit corridor souterrain de 200 m. de long.

Toutes les eaux provenant du Sud du Bong Son traversent cette Barrière par des passages souterrains dont quelques uns sont accessibles.

Dans la région de Ban Cra ce même massif présente deux tunnels importants ; l'un, de plus de 400 m., est suivi par la rivière de Ban Cra et la route de Ban Cra à Ha Lang, à 3 ou 4 kilomètres au Sud-Ouest de Ban Cra ; l'autre, au Sud de Lung Puc, est une admirable grotte de 300 m. de long, large de plus de 60 et haute de 30 ou 40 m., réunissant deux cirques entre eux. C'est là un stade plus avancé de l'érosion et le moment n'est pas loin où la série des cirques sera remplacée par un ravin.

Une seule coupure à peu près praticable traverse ces calcaires ; c'est le défilé étroit (Photographie A, Pl. III) que suit la route de Ha Lang à Ban Cra au départ de Ha Lang. Le col est à environ 500 m. d'altitude.

Au Sud-Est des calcaires de Vinh To, le Pays proprement dit de Ha Lang peut être considéré comme un plateau peu élevé, à érosion ancienne peu profonde, présentant un axe de surélévation à peu près nord-sud, de la cote 700 (Ouest de Ha Lang) à la borne 28 sur la frontière de Chine, cet axe se relevant lui-même vers le Nord.

Ce Pays de Ha Lang doit à sa constitution (couches à peu près horizontales de lydiennes avec bancs plus ou moins épais discontinus de calcaires, et petits récifs de calcaires dolomitiques), une physionomie très particulière.

Les calcaires eux-mêmes, formés de minces lits avec liserés de phtanites, ont une allure très spéciale (Photographie C, Pl. III).

Les intempéries débitent les lydiennes en parallélipèdes fragiles donnant des talus uniformes tandis que les bancs calcaires se présentent en falaises régulières généralement peu épaisses. Il en résulte des mamelons couronnés, avec un ou plusieurs

redans, donnant des aspects de redoutes, de tours, de fortifications étranges (Photographie B, Pl. III). Les pentes sont parfois très raides, et certaines de ces collines, comme celle de la cote 500 m. dans la commune de Vy Vong, forment une véritable arête de schistes supportant un couronnement calcaire qui n'a pas deux mètres de large, destiné à dévaler prochainement dans le ravin voisin.

Tous ces mamelons sont peu élevés au dessus du niveau des vallées du Pays de Ha Lang. La plus haute cote est de 700 m. Mais la moyenne des sommets ne dépasse pas 500 m. tandis que le fond de la principale rivière, le Song Ba Vong, descend à 200 m.. Tout le pays est couvert de hautes herbes et les bois sont rares. La contrée est peu peuplée et les bords des rivières, cultivés en rizières, sont seuls occupés par des villages Thos et Nungs. Les pertes de rivières, résurgences et grottes sont fréquentes. Nous signalerons la belle résurgence de Ban Khau, sur la route de Ha Lang à Bi Ha (Photographie C, Pl. IV).

Quelques mamelons de schistes monternt en divers points de ce pays des lignes plus adoucies. Vers le Sud-Est, à l'Est de Bi Ha, au voisinage de la frontière, des calcaires massifs présentent l'aspect karstique habituel.

Au Sud-Ouest, l'épaisse muraille rocheuse de Lung Pan, coupée par un défilé étroit où passe la route de Ta Lung à Ha Lang, domine le Song Ba Vong. Cette muraille est faiblement creusée de larges vallées suspendues au milieu desquelles restent des pitons rocheux en pain de sucre, peu élevés.

Les chemins sont nombreux dans le Pays de Ha Lang, à l'exclusion du Massif calcaire de Vinh To ; nous pouvons signaler comme grandes pistes, en dehors de celle de Ta Lung à Ha Lang, le chemin de Ta Lung à Bi Ha qui va rejoindre le précédent près de la coupure de la muraille de Lung Pan, et le chemin de Ha Lang à Quang Uyen, que peu de travaux suffiraient à rendre praticable aux voitures.

Si nous résumons les caractères d'ensemble du Plateau de l'Est de Cao Bang, nous pouvons voir que nous avons affaire à une région bien individualisée, toute différente de la région des Schistes. Le Plateau, pourvu à l'intérieur d'un beau réseau de routes assez généralement carrossables, est jusqu'ici, au point de vue communications, complètement isolé du reste du Territoire. En dehors de quelques vallées d'érosion plus profondes, il se tient à une altitude assez élevée, et jouit d'un climat plus tempéré que celui de Cao Bang.

Son aspect général est la conséquence de l'extension considérable des calcaires massifs. En dehors de quatre ou cinq groupes de collines de schistes aux pentes herbeuses et du Pays très spécial des Calcaires de Ha Lang que nous venons de décrire, tout le reste de la région est formé par une carapace de calcaires massifs.

L'ensemble du pays calcaire, à l'exception de la zone désolée du fer, est très boisé, et tire une physionomie particulière de sa flore spéciale : c'est souvent que l'on peut voir quelque splendide *Caryota* profiler vers le ciel sa silhouette élégante ; des *Aroïdés* grimpantes ou terrestres, aux feuilles gigantesques, des fougères innombrables, des lianes variées, de petits palmiers épineux, poussent sous le couvert des grands arbres qui servent de support à de nombreuses espèces d'orchidées. Et cette riche nature contraste vivement avec la pâle végétation d'herbe à paillette et de fougères des mamelons de schistes.

Malgré son unité de constitution la région calcaire est arrivée à donner, suivant les progrès de l'érosion, des pays d'aspects différents. Le Plateau de l'Est de Cao Bang réunit tous les stades d'érosion, comme nous avons pu le voir d'après les descriptions précédentes.

Ce Plateau montre un peu partout des hauts niveaux, des vallées suspendues et des traces d'ancienne pénéplaine sur lesquels nous reviendrons dans la deuxième Partie de cet ouvrage.

Nous ne quitterons pas la région de Cao Bang sans rappeler au Lecteur que ce pays doit une importance historique considérable, tant à sa situation en bordure de la frontière chinoise, qu'à son isolement par rapport au centre du Tonkin dont il est séparé par le pays difficile des schistes des bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang et par la Chaîne de Ngan Son ; avec ses massifs abrupts et déserts, ses forêts profondes, ses grottes innombrables, cette *marche* entre le Pays d'Annam et l'Empire chinois a été tour à tour le théâtre de guerres héroïques et acharnées, de révoltes sanglantes, d'attaques ou de défenses opiniâtres de la part des bandes pirates ; guerres de races, guerres de conquête ou guerres de défense contre l'envahisseur que relate l'histoire d'Annam, mêlée de curieuses légendes ; révoltes de peuples molestés, rebellions de chefs appartenant à l'un ou l'autre empire ; incursions de pirates ou défense désespérée d'une bande pourchassée, réduite aux abois, c'est dans les rochers du Lung Xung, du Lu Khu et des Ba Chau que le plus faible trouvait un refuge presque inexpugnable lui permettant de longues résistances.

L'histoire et les légendes d'Annam, relativement à la région de Cao Bang, ont fait l'objet de nombreux travaux dont le Lecteur trouvera une liste dans l'ouvrage du Capitaine MARABAIL. [46]

4. — LA RÉGION DE BI NHI ET DE LANG SON

Au Sud du Pays de Dong Khe, aux environs de la jolie plaine d'alluvions de That Khe, le Pays des Schistes du Song Hiem se poursuit vers l'Est, avec les mêmes caractères géographiques, dans la cuvette de Bi Nhi, drainée par le Song Ky Kong ; ce fleuve prend sa source actuelle à l'Est de Loc Binh et passe, suivant un trajet sud-est — nord-ouest, par Lang Son et Na Cham avant d'arriver au petit bassin de That Khe où il tourne brusquement vers l'Est. Après avoir traversé la cuvette de Bi Nhi en de capricieux méandres, avec une direction générale ouest-est, il tourne encore vers le Nord-Est à quelques kilomètres de sa sortie du Territoire tonkinois pour aller se jeter dans le Song Bang Giang. C'est dans le bassin même de That Khe qu'il reçoit les eaux du Song Bac Giang et du Song Bac Khe.

De la vallée du Song Ky Kong, à l'altitude de 150 m. à peine, le pays monte pour atteindre les sommets du Khao Xiem (750 m.), du Khao Moué (819 m.), de la Grande Montagne (1048 m.), des environs de Na Cha en Chine, du Khao Cu (849 m.) et des mamelons élevés de l'Ouest de That Khe : l'ensemble de ces montagnes entoure la cuvette de Bi Nhi d'une haute ceinture largement coupée à l'Ouest et à l'Est par la vallée du Song Ky Kong. C'est, dans l'ensemble, une région de mamelons herbeux où quelques bois sont conservés au fond des principaux ravins ; il y a peu de villages, sauf sur le bord du fleuve. Les chemins sont rares : en dehors d'une nouvelle route à peu près carrossable

qui réunit Bi Nhi à That Khe en suivant le fleuve, il existe, suivant la frontière, une piste circulaire qui, partant de Na Cham, passe par Na Thong, Bi Nhi, l'ancien poste de Khau Thanh Kha et traverse le Khao Moue pour aller rejoindre That Khe ; c'est un chemin de crête, assez facile, qui se déroule interminablement au milieu de mamelons herbeux d'une désespérante monotonie.

Beaucoup plus variée est la région de Lang Son qui montre, autour des massifs rhyolithiques importants dont les sommets élevés ont reçu des indigènes, le nom de Khao (corne), des rochers calcaires plus ou moins considérables, au milieu de mamelons de schistes dans lesquels l'érosion a découpé des vallées nombreuses généralement peu profondes et assez larges, qui donnent abri à une importante population de Thos. Le centre principal, celui de Lang Son, doit son intérêt à sa position sur la route de Loung Tcheou et à la voie ferrée qui le relie à Hanoi. La ville de Lang Son est située au bord d'un immense cirque, correspondant à un ancien lac formé par le Song Ky Kong, et en divers points duquel se trouvent dispersés des rochers calcaires du plus curieux effet ; nous signalerons en particulier les rochers de Ky Lua, dont les grottes ont été récemment aménagées pour en faciliter l'accès aux touristes. La plaine de Lang Son, à 270 m. d'altitude, et les collines qui l'entourent, sont largement dominées au Nord-Ouest par le pic aigü du Khao Me (801 m.) (Photographie A, Pl. IV). A l'Ouest de Lang Son le Song Ky Kong s'est creusé à travers des massifs de Rhyolithes, suivant une direction d'ensemble est-ouest, un étroit et sinueux couloir, aux nombreux rapides, avant de suivre du Sud au Nord une vallée large parsemée de villages qui le conduit à Na Cham.

La région de Lang Son est une des plus peuplées du Nord-Est du Tonkin. Les mamelons sont déboisés, mais les terrains de Rhyolithes sont l'objet de belles plantations de badianiers qui s'étendent de plus en plus, et dont les fruits (anis étoilé) fournissent une essence qui fait l'objet d'un commerce déjà important.

Au Nord-Ouest de Lang Son le massif rocheux de Dong Dang forme falaise le long de la route de Dong Dang à Na cham.

Avec le Pays de Lang Son, nous avons terminé la description des régions appartenant aux bassins chinois. Nous allons passer maintenant au versant tonkinois.

5. — LE PAYS DES SCHISTES DU SONG CAU AU SONG NHIEM .

A l'Ouest du Binh Lang et de la Chaîne de Ngan Son court une longue dépression profondément creusée par une série de rivières dans des terrains surtout formés de schistes. Au Sud cette dépression est suivie par le Song Cau, qui coule du Nord au Sud. Plus au Nord, on trouve d'abord le petit bassin de la Rivière de Ha Hieu séparé de celui du Song Cau par les deux cols du Deo Mi Vi et du Deo Giang qu'empruntent, le premier, le chemin de Bac Kan à Bao Lac par Cho Ra (praticable aux automobiles jusqu'à Cho Ra), le second la grande route coloniale de Hanoi à Cao Bang par Bac Kan et Ngan Son ; la Rivière de Ha Hieu se jette dans le Song Nang en amont de Cho Ra. Dans toute cette partie, la dépression des schistes, couverte de bois, est occupée par des vallées profondes et assez larges, qui abritent de nombreux villages Thos. Elle est

dominée à l'Est par les sommets du Pays de Ngan Son et du Coc Xo ; vers l'Ouest elle monte en pente raide vers la longue crête du massif granitique du Phia Bioc, dont le point culminant atteint 1502 m. ; les cotes des vallées sont de 132 m. à Bac Kan sur le Song Cau et de 170 m. environ près de Cho Ra ; dans toute cette région le pays des schistes ne dépasse pas une dizaine de kilomètres de largeur.

Il s'étrangle davantage encore au Nord de Cho Ra, le long du Song Nang, suivant une zone de hautes collines gazonnées à sommets arrondis et à pentes extrêmement raides, zone qui, entre le Massif du Nui Tong Tinh, et les plateaux de l'Ouest, ne dépasse pas en certains points 4 kilomètres de largeur ; le pays des schistes s'élargit brusquement au Nord du Massif du Nui Tong Tinh. Une chaîne de hautes montagnes, dont l'altitude dépasse parfois 1300 m., très boisées dans leur partie sud, naît du Nui Tong Tinh et part jusqu'à Bao Lac où elle est coupée par l'étroite vallée du Song Gam ; elle sépare de la vallée du Song Niao, située à l'Est de cette ligne de crêtes, d'abord la vallée du Song Nang, puis celle d'un petit affluent du Song Gam. L'ensemble de ce pays dont l'axe est nord-ouest, est dominé au Nord-Est par les calcaires du Binh Lang, au Sud-Ouest par l'énorme entablement de Lang Ca Phu qui supporte lui-même le pic aigü du Pia Ya (1980 m.), dont la fantastique silhouette se voit de partout.

Cette contrée tire un caractère spécial de la profondeur de ses vallées, dont le fond, parfois à une altitude inférieure à 200 m., n'est que bien rarement visible des chemins de crêtes qui serpentent à plus de 1000 m. Vues de ces chemins élevés, les grandes lignes de la région paraissent simples, mais malgré l'ampleur des horizons il est bien rare qu'on puisse, à première vue, se rendre compte de la grandeur du paysage ; tantôt en effet une brume légère estompe les lointains, tantôt au contraire la transparence de l'atmosphère est telle que les distances paraissent diminuées, et que des vallées profondes de 1000 mètres et larges de 5 kilomètres produisent l'impression d'un simple ravin. J'ai vu en particulier depuis le village de Ban Ong, le pic du Pia Ya situé à 3 kilomètres de lui et le dominant de 1000 mètres avec une sécheresse de ligne telle qu'on n'aurait pas évalué, à l'estime, la différence d'altitude à plus de 300 m. Cette impression est traduite par la photographie (Photographie B, Pl. IV).

Le pays des Schistes s'étend au delà de Bao Lac le long de la vallée du Song Nhiem suivant une zone à axe presque est-ouest, s'élevant peu à peu de part et d'autre du fleuve, au Nord vers le Plateau du Dong Quan, au Sud vers l'entablement calcaire de Lang Ca Phu.

L'ensemble du pays des Schistes dessine un arc en contrebas du Plateau de Lang Ca Phu. Cette région des Schistes, quoique la circulation y soit difficile, reste cependant plus praticable que les massifs élevés qui l'entourent ; il y existe plusieurs pistes, l'une de Nguyen Binh à Bao Lac, suivant les crêtes, une autre de Cho Ra à Bao Lac pour laquelle diverses variantes ont été tracées, soit suivant les crêtes, soit suivant les vallées ; la troisième piste enfin suit la vallée du Song Nhiem et réunit Bao Lac à Yen Minh. Entre ces pistes l'accès du pays est extrêmement difficile, surtout dans la partie qui avoisine le Massif du Nui Tong Tinh.

Ce pays est très peu peuplé ; les vallées, mêmes les plus importantes, sont trop étroites et il n'y a guère d'alluvions ; les rivières sont sujettes à des crues rapides qui, en même temps qu'elles coupent les communications, ne permettent pas de s'établir au voisinage de leurs bords. Aussi les seuls habitants sont-ils des Mans appartenant à diverses tribus et quelques Méos blancs installés dans les parties les plus hautes.

Quelques Thos cependant se sont établis dans les bassins d'alimentation de torrents où ils ont installé des rizières étagées facilement irrigables. On peut voir de très beaux exemples de ces rizières aux environs de Nam Quet au Nord-Est de Bao Lac (Photographie D, Pl. IV), où, sur certaines croupes, on peut compter plus de cent niveaux.

6. — LE PLATEAU DE LANG CA PHU

Nous avons signalé à plusieurs reprises l'entablement de Lang Ca Phu qui domine au Sud-Ouest la région des Schistes.

La partie nord-ouest de cet entablement comprend un très important pays calcaire couvert d'une épaisse forêt et difficilement accessible. Nous n'insisterons pas sur cette région que domine la masse importante du Pou Tha Ca (2274 m.) et qui a déjà été décrite par M. DEPRAT [8, page 20].

En dehors de la vallée de Muong Cha où sont établis quelques Thos, on n'y rencontre guère que des Méos cultivant le maïs dans la région de Luong Thuong où ils ont établi de pittoresques villages, au milieu de sites splendides (Photographie E, Pl. IV).

Au Sud-Est, la région de Lang Ca Phu, où le Massif est traversé par le Song Gam qui y a creusé d'étroits et hardis canyons (Photographies A et B, Pl. V), se présente avec le même aspect que le Pays de Ngan Son, mais avec des lignes beaucoup plus grandioses (Photographie C, Pl. V). Plus au Sud encore, la région du Pia Ya est un formidable entassement de montagnes, calcaires ou granitiques, très boisées, où l'érosion a découpé capricieusement des ravins sans nombre ; le Sud de cette région entre le Pia Ya et le Pia Ma est peu praticable. Enfin, les grandes masses calcaires reparaissent vers le Sud dans la région de Cho Ra, où le Song Nang a entaillé une coupure large et profonde avant d'aller rejoindre le Song Gam ; c'est là que se trouvent les célèbres grottes de Pong (Photographie D, Pl. V) autrefois habitées et dans lesquelles passe le Song Nang, les chutes de Deo Dang et les lacs Ba Be (143 m.) qui, avec leur nombreux îlots déchiquetés et leur formidable ceinture de rochers fantastiques couverts de forêts, constituent l'un des plus beaux coins du Tonkin et sont, en outre, d'accès facile aux touristes (Photographies A, B, C, Pl. VI).

Au Sud de la région des lacs Ba Be le Plateau de Lang Ca Phu n'est plus traduit que par de hautes crêtes granitiques démantelées, atteignant et dépassant 1500 m. coupées de vallées longitudinales larges et profondes, sans communication entre elles ; ce sont les massifs de Cho Don et du Phia Bioc. L'ensemble de ces crêtes s'abaisse progressivement au Sud vers le Haut Song Cau ; et l'on peut admettre que cette rivière sépare la région des hautes montagnes granitiques de la feuille de Bac Kan du Pays de Cho Chu appartenant à la Moyenne Région du Tonkin.

L'ensemble du Plateau de Lang Ca Phu, dont les sommets élevés occupent l'axe d'un Synclinal, présente un bel exemple d'inversion du relief.

7. — LE MASSIF DU MOYEN SONG GAM

A l'intérieur de l'arc formé par l'entablement de Lang Ca Phu, et séparé de lui par la bande étroite des collines de schistes des environs de Bac Me, se trouve un haut plateau calcaire, traversé par le Song Gam : c'est le Massif du moyen Song Gam, se

tenant, dans l'ensemble, à une hauteur comprise entre 800 et 1000 m., avec des sommets dépassant 1400 m. Les phénomènes d'érosion ont pris dans cette région une ampleur impressionnante : à l'Est du Massif, le Song Gam et ses affluents, aux directions incohérentes, coulent au fond de gorges vertigineuses à une altitude inférieure à 100 m.

A l'Ouest, l'érosion plus active des tributaires de la Rivière Claire n'a laissé des calcaires que des massifs isolés plus ou moins importants, dont quelques uns bordent, sur la rive gauche, cette Rivière. Ces masses calcaires se poursuivent au Nord-Ouest de Ha Giang ; ce sont elles qui forment, à l'Est de cette ville, le petit massif du Coc Xo qui domine de plus de 650 m. les alluvions de la vallée.

Le Massif du moyen Song Gam n'est desservi, dans sa partie Nord (feuille de Bao Lac) que par de rares pistes qui suivent certaines dépressions ; le plateau lui-même, entièrement couvert de forêts, est presque inhabité, et l'accès n'en est possible qu'aux piétons, et non sans difficultés ; des coolies chargés ne pourraient suivre les sentiers de chèvres qui conduisent aux rares maisons Méos disséminées dans les hauts ravins ; certaines gorges du Song Gam sont impraticables.

La Massif du Moyen Song Gam surplombe vers le Sud, suivant un contour irrégulier, la Zone du Bas Song Gam. Je signalerai, au confluent du Song Nang et du Song Gam, le beau pic calcaire du Pac Ta, que sa forme hardie fait reconnaître de fort loin.

8. — LA ZONE DU BAS SONG GAM

C'est une immense étendue de terrains qui s'élève depuis la Rivière Claire et le Song Gam à l'Ouest, jusqu'à une ligne de crêtes qui sépare les bassins de la Rivière Claire et du Song Gam des bassins du Song Cau et du Song Day ; elle est limitée à l'Est par les massifs granitiques de Cho Don et du Phia Bioc et, en gros, par la vallée du Song Day jusqu'au Tam Dao. C'est, au point de vue géologique, un pays d'écailles imbriquées, formé d'éléments divers, et profondément érodé. Il est très boisé et tire un caractère un peu spécial de la présence fréquente de lataniers qui n'existent guère dans les régions du Nord-Est du Tonkin que nous avons vues jusqu'à présent.

Au milieu de la partie nord de cette Zone du Bas Song Gam, entre le Song Gam et les massifs granitiques de Cho Don et du Phia Bioc, émerge un pays schisto-calcaire qui présente les caractères du Massif du Moyen Song Gam : c'est le Massif de Cho Dien, bien connu par ses riches gisements de calamine actuellement exploités.

En de nombreux points de cette Zone existent des paquets calcaires plus ou moins importants, souvent minéralisés en calamine.

Vers le Sud, la Zone du Bas Song Gam est traversée par le chemin muletier de Tuyen Quang à Cho Chu, chemin relativement facile sauf au voisinage du Song Day.

Près de la Rivière Claire et du Song Gam, la Zone du Bas Song Gam ne présente d'autres caractères que l'abaissement des crêtes par suite d'une érosion plus poussée.

En dehors de rares plaines d'alluvions le long des cours d'eaux les plus importants, la Zone du Bas Song Gam est à peine peuplée de quelques Thos et de rares familles Man Tien.

9. — LE PAYS DE CHO CHU

Entre la Zone du Bas Song Gam et la falaise calcaire de Cho Chu qui limite à l'Ouest la Région des Schistes du Song Cau (continuation vers le Sud des Schistes du Song Nhiem et du Song Niao), s'étend une région de mamelons boisés très bas, laissant entre eux des dépressions plus ou moins larges fortement alluvionnées, souvent cultivées en rizières. C'est la Moyenne région du Tonkin où les habitants sont surtout des Annamites.

10. — TYPES DE PAYS DU NORD-EST DU TONKIN

Nous venons de donner quelques détails sur les diverses régions ou massifs individualisés dont l'ensemble constitue le Nord-Est du Tonkin. Mais tous ces massifs peuvent se réduire, au point de vue des formes du terrain, à trois types principaux, trop connus pour que nous indiquions ici leurs caractères.

Le type dû à l'érosion dans les calcaires massifs est très répandu ; à ce type appartiennent les hauts plateaux d'une partie du moyen Song Gam, et du Nord et de l'Est de la région que nous avons étudiée ; ils ressortent très bien sur les cartes topographiques, et, sur le terrain, leur silhouette caractéristique en dents de scie se reconnaît de fort loin (Photographie E, Pl. V).

Les calcaires en bancs ou en récifs dans des schistes donnent un type à allure particulièrement sauvage, comme celui que nous avons décrit dans le Plateau de Lang Ca Phu et dans les régions de Ngan Son et du Coc Xo.

Enfin, les régions de schistes du Nord-Est du Tonkin sont caractérisées, en plus de leurs formes bien connues, par des vallées profondes, presque toutes voisines du niveau de base actuel.

Vers le Centre du Tonkin, l'érosion beaucoup plus avancée a donné naissance à des formes plus adoucies qui viennent d'être décrites ci-dessus dans le Pays de Cho Chu.

CHAPITRE II

LES POPULATIONS DU NORD-EST DU TONKIN

Nous avons généralement indiqué dans les pages précédentes quels étaient les habitants des diverses contrées décrites. Il est utile de dire ici quelques mots des races variées qui peuplent le Nord-Est du Tonkin et dont les costumes bariolés, souvent rehaussés de couleurs vives, ajoutent au pittoresque de ces régions.

La population est surtout représentée par la race Tho ; ensuite viennent par ordre d'importance, les Nungs et les Mans ; enfin on rencontre, dans les centres seulement, quelques Annamites et surtout des Chinois, qui ne peuvent être considérés comme de véritables habitants du pays.

Vers le Sud, dans la Moyenne Région (Pays de Cho Chu), les Annamites arrivent à constituer la majorité, et en certains points, la totalité de la population.

Les Thos appartiennent à la grande race Thaï qui peuple la majeure partie de l'Indochine ; ils habitent les vallées bien alluvionnées propres à la culture du riz, et, accidentellement, les bassins d'alimentation élevés de torrents, à irrigation facile, sur les pentes desquels ils ont établi des rizières étagées.

Les hommes sont vêtus d'une tunique descendant jusqu'aux genoux et d'un pantalon flottant assez court ; ils portent des jambières (une simple pièce d'étoffe enroulée autour des jambes) ; le plus souvent pieds nus, ils mettent parfois des sandales faites d'une semelle en paille tressée, retenue au pied par des lanières ; la coiffure consiste en un turban qui maintient les cheveux roulés en chignon.

Le costume des femmes est assez peu différent : la tunique à col montant est ouverte par devant et laisse voir un « cache poitrine » formé d'un morceau d'étoffe quadrangulaire ; elles portent des bijoux en argent, parfois ciselés (colliers, bracelets, boucles d'oreilles, etc.).

Les vêtements thos sont confectionnés en cotonnades tissées dans le pays et teintées en bleu avec une teinture tirée du *Ruellia indigofera*.

La maison tho, le plus souvent en bambous et couverte en chaume, parfois en bois avec toit en tuiles, est presque toujours construite sur pilotis ; le mobilier est inexistant. Le bétail est abrité sous la maison, entre les pilotis.

Les Thos sont surtout des cultivateurs, et le riz est, à beaucoup près, leur principale culture ; les irrigations indispensables sont ingénieusement aménagées et l'eau des rivières est élevée au moyen de grandes norias en bambous actionnées par le courant, et déversée dans des canalisations en bambous. Ils cultivent également le maïs, le sarrasin (uniquement dans les régions élevées du Massif de l'Est de Cao Bang), quelques légumes, le taro (*Arum esculentum*), la canne à sucre qu'ils écrasent au moyen de rustiques moulins entièrement en bois actionnés par un bœuf ou un buffle, le coton, un faux indigotier (*Ruellia indigofera*), l'arachide, etc... On peut citer également, comme industrie, l'élevage des vers à soie, encore peu répandu.

Je ne m'étendrai pas longuement sur les mœurs curieuses des Thos, qui ont été décrites à plusieurs reprises : BILLET [2], LUNET DE LAJONQUIÈRE [25], DIGUET [13], Paul MARABAIL [46], etc. . . .

Le culte principal des Thos est le culte des ancêtres et il n'existe pas de maison qui n'ait, dans la principale pièce, son autel des ancêtres ; les pagodes sont extrêmement rares et c'est à peine si l'on peut voir, de temps en temps, un petit autel rustique dédié au génie protecteur du village.

Comme toutes les peuplades d'Orient, les Thos sont paresseux, et la paresse les rend parfois ingénieux ; témoin les curieux pilons à décortiquer le riz qui fonctionnent, soit par un contre-poids d'eau dans une auge, soit au moyen d'une roue actionnée par le courant d'un ruisseau. Enfin, ils sont relativement honnêtes, très doux, très hospitaliers, et moins sales que les autres populations du Haut Tonkin.

Les Nungs, très nombreux tout le long de la frontière, ressemblent beaucoup aux Thos.

Leur costume diffère suivant les régions ; dans le Nord-Est du Tonkin, il est à peu près le même que celui des Thos ; la tunique de la femme se boutonne en écharpe suivant une bande d'étoffe de teinte plus claire qui rend ce vêtement très gracieux ; les bijoux des femmes Nungs sont plus variés que ceux des femmes Thos.

Les Nungs sont travailleurs et plus sobres que les Thos ; en général, ils habitent les mêmes régions que ces derniers, mais ils n'hésitent pas à émigrer dans la montagne où ils font des défrichements sur lesquels ils s'installent à demeure. Les habitations et les coutumes sont les mêmes que chez les Thos.

Très différents des précédents sont les Mans, qui habitent exclusivement la montagne. Ils forment plusieurs tribus qui se distinguent l'une de l'autre par le costume et leur habitat ; celles de ces tribus qui sont le mieux représentées dans le Nord-Est du Tonkin sont les Mans Tien et les Mans Coc, assez semblables entre eux, et les Méos très différents des précédents.

Les Méos habitent exclusivement les parties hautes des grands massifs calcaires ; ils ne s'établissent que très rarement à une altitude inférieure à 1000 mètres.

Ils cultivent surtout le maïs et le pavot à opium, profitant des moindres trous où un peu de terre est conservée dans les lapiés ; obligés à circuler dans un pays très difficile, ils ont l'habitude de porter les fardeaux dans une hotte en bambou ou en rotin, identique à celle de nos chiffonniers.

Le costume des femmes est particulièrement pittoresque ; chez les Meos blancs, de beaucoup les plus répandus dans le Nord-Est du Tonkin, il se compose d'une veste bleue ou blanche, très décolletée en pointe sur le devant et garnie par derrière d'un vaste col marin, blanc à liserés bleus ou rouges, ou parfois bleu à liserés blancs, et d'une courte jupe à petits plis, blanche ou bleue. La coiffure consiste en un turban régulièrement enroulé autour du chignon, plus ou moins large, et de couleur différente suivant la tribu. Dans certaines tribus, la jupe est ornée de dessins brodés, ou imprimés à la cire.

Un autre groupe de Meos, les Meos noirs, que j'ai rencontrés seulement au Sud de Bac Me sur la bordure du Massif du Moyen Song Gam, où ils se livrent à la culture

du maïs et à l'élevage des vers à soie, diffèrent des précédents par la teinte noire du costume ; les femmes ne portent pas de turban ; elles ont le chignon bas derrière la tête.

Les Mans Tien habitent les hauts mamelons herbeux ; le costume des hommes n'offre rien de particulier ; ils portent des bijoux, bracelets au poignet ou à la cheville, et surtout un collier où sont suspendues les sapèques qui leur ont valu leur nom (Tien = sapèque ou monnaie).

Les femmes portent une longue tunique et une courte jupe de toile bleue, agrémentée au bas de broderies en zigzag ; la poitrine est ornée de larges plaques d'argent repoussé.

Les Mans Coc se rencontrent à peu près dans les mêmes régions que les Mans Tien ; mais ils habitent surtout les plateaux rocheux situés entre 500 et 1000 m. Le costume est assez analogue à celui des Mans Tien, mais les broderies sont teintées en rouge vif, et les deux bandes de la tunique, sur la poitrine, sont ornées d'une rangée de gros pompons rouges ; entre les deux rangées de pompons se place, comme cache poitrine, un plastron bleu foncé orné d'étoiles d'argent.

Je citerai quelques tribus différentes de Mans représentées seulement par quelques familles isolées, les Mans Cham, les Mans Khoanh, les Mans Lan Tien, etc...

Mans et Meos habitent des chaumières en torchis, construites sur la terre battue, et se fabriquent un mobilier rustique de tables et de bancs grossiers en bois. Les Mans sont des nomades ; ils cultivent le riz de montagne sur des emplacements qu'ils défrichent par le feu, dans des « ray » où ils ont abattu la forêt (Photographie F, Pl. V) ; aussi sont-ils de grands destructeurs de forêts ; malgré les précautions prises par l'Administration, on n'est pas encore parvenu à les fixer, et ils continuent un peu partout, dans les pays d'accès difficile, leurs déprédations.

L'étude du Nord-Est du Tonkin, au point de vue administratif et économique, sortirait du cadre de notre ouvrage. Nous nous contenterons d'indiquer les ressources minières en étudiant les formations géologiques qui les renferment.

DEUXIEME PARTIE

PHYSIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Le Nord-Est du Tonkin occupe, entre les régions thibétaines et la mer, une surface trop petite pour permettre d'y retrouver l'histoire des grands phénomènes d'ensemble que sont les cycles d'érosion et les mouvements épeirogéniques ou eustatiques successifs ; ce pays pourtant, avec ses pénéplaines indiscutables, ses nombreuses vallées suspendues, ses restes indéniables de surfaces d'érosion anciennes et ses terrasses à des altitudes variées, apporte une foule d'observations qui peuvent prendre place à côté de celles faites dans les pays voisins pour contrôler les hypothèses admises sur la succession des cycles dans le Sud-Est de l'Asie.

Un tableau d'ensemble de ces cycles a été donné par M. DEPRAT [8, p. 77], tableau appuyé d'une belle description et de nombreux exemples, abondamment illustrés.

Je résumerai les conclusions de M. DEPRAT, dont les études à ce sujet, établies d'abord sur une partie du Yunnan, ont été étendues par lui sur le Nord du Tonkin y compris, au Sud-Est, toute la partie Nord de la feuille de Bao Lac, et même, d'une façon très sommaire, au-delà, sur la feuille de Cao Bang ; je présenterai ensuite les observations personnelles que j'ai pu recueillir et les comparerai aux faits énoncés par M. DEPRAT.

M. DEPRAT admet un « mouvement épeirogénique consécutif et peut-être contemporain de la fin des mouvements orogéniques » suivi d'une période de stabilité et de creusement aboutissant à une pénéplaine. C'est l'étage du Kiao Ting Chann qui appartiendrait à la fin du Miocène et au début du Pliocène.

Un deuxième étage, celui du Tsouei Wei Chann, correspond à un nouveau mouvement épeirogénique suivi d'une érosion intense représentant au Yunnan un « cycle très développé en vallées mures, souvent réduites ⁽¹⁾ à des crêtes allongées s'abaissant

(1) Tel quel dans le tableau de M. DEPRAT, probablement à la suite d'une faute d'impression, *réduit* paraissant devoir se rapporter à cycle.

graduellement des Régions Thibétaines vers le Pacifique » ; au Tonkin cet étage est marqué par des « *Crêtes, croupes, plateaux (Dong Quan) d'altitude égale et forment une pénéplaine dont les débris du fond sont à 1500-1600 m. et les points élevés à 1980-2430 m.* ». Au Yunnan seulement la surface du Tsouei Wei Chann est découpée en « *voussoirs allongés par un réseau de grandes failles avec formation de dépressions effondrées en chapelet et dépôts lacustres* ». Toute cette période du Tsouei Wei Chann correspondrait à la fin du Pliocène.

Un cycle postérieur, qui prend place au début du Pleistocène, le cycle de Lin Ngan, aurait amené, au Yunnan et au Tonkin, l'accumulation de cailloutis dans les bassins effondrés précédemment formés : mais, au Tonkin, la dissection par les cycles suivants n'aurait rien laissé de ces dépôts.

Enfin, l'étage du Kin Cha Kiang, se poursuivant jusqu'à nos jours, aurait vu le soulèvement en masse accompagné d'importantes flexures [8, p. 35], soulèvement qui a donné naissance aux hauts reliefs actuels. M. DEPRAT distingue, dans cet étage, cinq cycles successifs.

M. DEPRAT met ses divers étages en parallèle avec ceux de BAILEY WILLIS [1] dans la Chine du Nord. Il estime que les mouvements épeirogéniques sont encore actuellement en cours [8, p. 79] et cite des terrasses marines très récentes sur la côte.

Je vais dans ce qui suit énumérer les observations que j'ai pu faire dans le Nord-Est du Tonkin, relativement aux anciennes surfaces d'érosion et aux mouvements récents. Dans un premier chapitre je décrirai simplement les vestiges d'anciennes surfaces, pénéplaines, vallées suspendues, hauts niveaux, etc...

Le deuxième chapitre sera réservé à l'étude du réseau hydrographique actuel et des modifications qu'il a pu subir à des époques récentes.

Enfin, les hypothèses que je présenterai dans un troisième chapitre sur les mouvements postérieurs aux charriages serviront de conclusions.

CHAPITRE I

LES ANCIENNES SURFACES D'ÉROSION

Il est certain que le Sud-Est de l'Asie a été, et est encore peut-être, le théâtre de mouvements ayant donné lieu à des cycles d'érosion successifs.

Je n'insisterai pas sur les belles pénéplaines du Chang Pong et du Dong Quan, signalées par M. DEPRAT [8, p. 36] qui les appuie d'un dessin saisissant, et sur lesquelles M. JACOB et moi avons eu l'occasion de revenir dans une récente note [21, p. 48]. Je citerai en revanche les régions pénéplainisées que j'ai rencontrées dans le Nord-Est du Tonkin ; ces restes de pénéplaines sont exclusivement conservés dans les massifs calcaires ou en grande partie calcaires.

Dans le centre de la feuille de Bao Lac, le soubassement du Pia Ya montre, aux environs de la cote 1000, de nombreux témoins qui peuvent être attribués à une pénéplaine. Mais vers le Sud cette surface ne peut plus être suivie.

Le Plateau du Binh Lang, dans une partie très limitée au voisinage de la feuille de Bao Lac, présente également, mais avec moins de netteté, une ancienne surface aux environs de la cote 1200.

Mais c'est surtout dans le Massif calcaire de l'Est de Cao Bang qu'une pénéplaine très nette est conservée. En dehors du Lu Khu qui ne montre qu'une crête horizontale (Photographie A, Pl. II), tout le Massif des Ba Chau présente une surface nivelée, paraissant s'étendre fort loin en Chine vers le Nord et l'Est ; les masses rocheuses du Quang Uyen atteignent presque toutes la même altitude ; plus à l'Est, schistes et calcaires sont arasés aux environs de la cote 900 (Photographies A, Pl. XI et B, Pl. II).

Vers le Sud, la surface s'abaisse et les plis du Pays de Dong Khe sont coupés par un plan net à l'altitude de 600 m. (Photographie B, Pl. XI).

J'estime que ce sont là les seuls restes de pénéplaine que l'on puisse citer avec certitude dans le Nord-Est du Tonkin ; et si d'autres restes de ces anciennes surfaces ont été jusqu'ici respectés par l'érosion dans la région qui fait l'objet de mes études, ils sont trop isolés et trop peu parlants pour qu'on puisse, sans crainte d'erreur, en faire état.

Il n'est pas douteux, comme l'a dit d'ailleurs M. DEPRAT, que les anciennes surfaces que je viens d'énumérer n'appartiennent qu'à une seule et même pénéplaine qui descend de la cote 1700 au Chang Pong à la cote 600 au Sud de Dong Khe, et qui, d'après M. DEPRAT, serait le résultat de l'érosion pendant la période correspondante à son étage du Tsouei Wei Chann. Il m'est impossible, dans le cadre où je suis placé, de me rendre compte si la *Pénéplaine du Nord-Est du Tonkin* est bien la même que celle du Tsouei Wei Chann au Yunnan.

En tous cas il n'existe, dans les pays que j'ai étudiés, aucune trace d'une pénéplaine autre que celle désignée ci-dessus sous le nom de *Pénéplaine du Nord-Est du Tonkin*.

Si les lambeaux de pénéplaine conservés sont rares, il existe en revanche, dans tout le Nord-Est du Tonkin, des traces extrêmement nombreuses qui témoignent d'une façon certaine de changements du niveau de base.

Nous avons à envisager dans cet ordre d'idée les vallées suspendues, les vallées emboîtées et des terrasses plus récentes.

Les vallées suspendues sont souvent conservées dans les massifs calcaires. J'en ai rencontré partout, dans le Massif du Moyen Song Gam, dans le Plateau de Lang Ca Phu, dans le Massif du Binh Lang, dans celui de l'Est de Cao Bang. Ces vallées, souvent sèches, occupent plusieurs niveaux qui sembleraient devoir correspondre à plusieurs cycles. Cependant, si l'on cherche à grouper ces diverses vallées suivant un petit nombre de plans parallèles, on ne peut y arriver ; ou si l'on établit plus ou moins conventionnellement un certain nombre de niveaux, il semble possible de trouver toute une série d'intermédiaires entre deux de ces niveaux ; aussi les changements du niveau de base, que ces phénomènes démontrent surabondamment, paraissent devoir être envisagés, non comme dûs à des mouvements périodiques plus ou moins brusques, mais à un mouvement lent et à peu près continu. Beaucoup de prudence doit toutefois être apportée dans l'examen des faits : des mesures précises de nivellement, mesures qui n'ont jamais été effectuées, seraient nécessaires pour comparer entre eux les niveaux de vallées voisines ; la carte topographique au 1/100.000^e est tout à fait insuffisante à ce sujet.

Dans les régions de schistes, les vallées larges ont conservé des traces plus ou moins nettes de vallées emboîtées comme celles que M. DEPRAT a décrites sur les rives du Song Nhiem et que nous avons pu suivre beaucoup plus au Sud le long du Song Niao et du Haut Song Nang.

Des niveaux successifs sont certains ; il ne reste des plus élevés que de minces crêtes à peu près horizontales brisant la pente des croupes entre les profonds ravins creusés par les tributaires de la rivière ; le raccord d'un flanc à l'autre de la vallée principale est presque toujours des moins nets : les raccords entre deux vallées voisines sont impossibles à effectuer, et là encore la plus grande prudence doit être observée.

Ces niveaux paraissent exister, suivant les endroits, entre 200 et 1000 m. au-dessus du fond de la vallée.

Il y a aussi, dans des bassins d'alimentation élevés, des traces de nivellement curieuses, toujours très restreintes (Photographie B, Pl. VIII).

Plus loin vers le Sud-Est, les plus hauts niveaux disparaissent, et, dans la vallée du Song Bang Giang, on ne trouve plus que des terrasses récentes dont la plus haute est à 100 m. au-dessus du fleuve ; plus au Sud, des méplats dominant de 200 m. les alluvions récentes. Pas plus que les débris des plus hauts niveaux, les restes de ces terrasses ne peuvent se raccorder. Nous signalerons seulement, dans la vallée du Song Bang Giang, reposant horizontalement sur les couches inclinées du Tertiaire, au-dessus des alluvions actuelles, une petite terrasse située à quelques mètres au-dessus de ces alluvions ; et, aux environs immédiats de Cao Bang, la terrasse à une centaine de mètres dont nous venons de parler.

Si nous essayons de tirer une conclusion des observations qu'on peut faire dans le Nord-Est du Tonkin, nous pouvons admettre :

1° Une période ancienne aboutissant aux formes mûres des parties hautes et à la Pénéplaine du Nord-Est du Tonkin ;

2° Une période contemporaine, non encore achevée, caractérisée par des changements successifs, ou par un changement progressif du niveau de base, sans que l'érosion ait eu le temps d'aboutir à une nouvelle pénéplaine. La division de cette période en cycles bien définis n'est pas permise en l'état actuel de nos connaissances, du moins en ce qui concerne le Nord-Est du Tonkin. Comme nous ne pouvons fixer la date de la fin du cycle marqué par la Pénéplaine du Nord-Est du Tonkin, il nous est impossible de dire si la période actuellement en cours représente l'étage du Kin Cha Kiang de M. DEPRAT.

Il nous reste à discuter la nature des mouvements qui ont amené les changements du niveau de base et de nous faire une idée sur l'âge de ces mouvements. Il nous est utile pour cela de décrire les grandes lignes directrices du réseau hydrographique actuel et les anomalies que présente ce réseau.

CHAPITRE II

ETUDE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU NORD-EST DU TONKIN

Un des caractères les plus saillants de la topographie d'ensemble du Tonkin, et même d'une grande partie de l'Indochine, est la direction nord-ouest — sud-est, depuis longtemps remarquée par les explorateurs, des grandes vallées.

Entre la coupure presque rectiligne du Fleuve Rouge et les fleuves chinois du Kouang Si, nous pouvons distinguer une zone médiane où les rivières ont, en apparence, une direction quelconque, et deux zones latérales où les rivières sont parallèles et orientées nord-ouest — sud-est : la zone du Fleuve Rouge au Sud, celle du Bassin chinois au Nord. Dans celui-ci, la dépression Cao Bang — Loc Binh, qui limite au Nord-Est la zone médiane, nous retiendra particulièrement.

Le Nord-Est du Tonkin est un exemple frappant de la distinction à établir entre les rivières à vallées larges et celles qui ont creusé des gorges étroites ou des canyons [JACOB 20, p. 194], qu'elles appartiennent à la zone médiane ou aux zones latérales.

Les premières seules ont une signification relativement à la structure géologique du pays et aux mouvements orogéniques ou épeirogéniques ; c'est seulement dans les vallées de celles de ces rivières dont la direction est nord-ouest — sud-est que sont conservés des bassins tertiaires [JACOB 20, p. 194], bassins qui présentent un intérêt particulier au point de vue de l'étude des mouvements postérieurs aux grands phénomènes de charriage. Nous allons considérer successivement dans la Région du Nord-Est du Tonkin :

- 1° Les vallées larges dans la zone médiane ;
- 2° Les vallées encaissées ;
- 3° La dépression Cao Bang — Loc Binh, avec comme annexe, l'ancien lac de Lang Son.

Nous terminerons par les quelques conclusions à tirer de notre exposé relativement aux mouvements récents.

1. — LES VALLEES LARGES DANS LA ZONE MEDIANE

Ces vallées, d'ailleurs peu nombreuses, sont en relation directe avec les dispositions tectoniques de la région.

Elles occupent des dépressions concentriques arquées correspondant aux espaces compris entre les arcs successifs que nous aurons à considérer dans notre étude structurale.

De l'Ouest à l'Est, la première de ces dépressions est celle de la Rivière Claire, ceinturant à l'Est le Massif du Haut Song Chay. La seconde, plus importante, correspond à la bande des schistes dans lesquels sont creusés, du Nord au Sud, les lits des rivières suivantes :

- 1° Tout le Song Nhiem.
- 2° Le Song Niao.
- 3° Le Haut Song Nang.
- 4° La Rivière de Ha Hieu.
- 5° La partie nord-nord-est — sud-sud-ouest du cours du Song Cau au Sud de Bac Kan.

Cette dépression est déjà de date ancienne ; nous avons parlé ci-dessus des vallées emboîtées décrites par M. DEPRAT sur les rives du Song Nhiem et qui se prolongent jusque dans le bassin du Haut Song Nang ; plus au Sud, l'érosion n'a pas laissé, dans la vallée du Song Cau, de vestiges de ces phénomènes.

Les rivières actuelles, par suite d'une érosion intense, coulent parfois au fond de cette dépression dans des gorges étroites, mais leur ensemble montre encore les directions imposées par l'affleurement en arc des schistes, entre deux arcs de roches plus dures.

Plus à l'Est, une nouvelle dépression est suivie par le Song Na Ri et le cours supérieur du Song Bac Giang.

Ainsi les vallées larges de la zone médiane nous montrent des éléments du réseau hydrographique qui sont en relation avec les grandes lignes tectoniques du pays.

2. — LES VALLEES ENCAISSEES

Un certain nombre de rivières appartenant surtout à la zone médiane se sont creusés des gorges profondes et d'étroits canyons, dont la caractéristique est leur indépendance complète relativement à la nature du sol et à sa structure. Suivant des lignes plus ou moins droites ou sinueuses qui ne paraissent obéir à aucune loi, ces rivières scient indifféremment terrains cristallins, calcaires ou schistes, et coupent dans un sens quelconque la direction des plis.

Nous citerons dans cet ordre d'idée les torrents et rivières du bassin du Song Hiem coulant dans des gorges aux flancs abrupts profondément ravinés.

Plus parlantes encore sont les trois grandes rivières qui traversent, perpendiculairement à sa direction, l'énorme Plateau du Synclinal de Lang Ca Phu : le Song Mien au Nord, le Song Gam au milieu, le Song Nang, dans son cours moyen, au Sud, se sont creusés d'étroits passages, (Photographies A & B, Pl. V) sans souci de la dureté des terrains, dans un massif qui contient les points les plus élevés de la région.

La zone médiane nous montre des vallées d'érosion étroites et profondes aux directions indépendantes, et des vallées larges en relation avec la structure en arc caractéristique de cette partie du Tonkin. Cette zone semble donc ne pas avoir été affectée par le mouvement qui est l'origine de la direction nord-ouest — sud-est des grandes rivières dans les deux zones latérales.

3. — LA DEPRESSION CAO BANG — LOC BINH

Si l'on excepte les petites vallées peu importantes de direction nord-ouest — sud-est du Massif de l'Est de Cao Bang, la dépression Cao Bang-Loc Binh est la seule, dans la partie nord-est du Tonkin, à présenter la direction habituelle aux grands fleuves du Tonkin.

Cette dépression est occupée par un certain nombre de rivières ou d'éléments de rivières appartenant actuellement à des bassins différents. Au Nord nous avons d'abord la Haute vallée du Song Bang Giang depuis la frontière de Chine près de Soc Giang jusqu'un peu au Sud de Cao Bang où ce fleuve quitte, par des gorges étroites (Photographie A, Pl. VIII), la dépression qui nous occupe et qui paraît correspondre à son ancienne vallée, pour traverser le Massif de l'Est de Cao Bang avant de reprendre, à Ta Lung, la direction primitive qui l'amènera à Loung Tcheou.

Plus au Sud, la dépression est marquée successivement par deux ou trois petits affluents du Song Bang Giang qui tous abandonnent la vallée ancienne pour rejoindre le cours nouveau du Song Bang Giang, toujours par des gorges étroites : je citerai celle du ruisseau de Nam Nang, le plus méridional de ces affluents, qui coupe d'abord le massif des Rhyolithes, puis entaille, par un étroit canyon, le petit Plateau du Toc Lang.

Le ruisseau de Nam Nang prend sa source un peu à l'Ouest de Ban Loung et suit la dépression vers le Nord. Presque au même point naît un autre ruisseau, celui de Quang Liet, affluent du Song Bac Khe, qui n'est séparé du ruisseau de Nam Nang que par un col insignifiant. De ce col à la plaine de That Khe, l'ancienne vallée, qui paraît avoir été assez large, est mal conservée ; on voit cependant quelques méplats à l'altitude de 400 m. environ ; l'ancienne vallée semble, dans sa partie située un peu au Nord de That Khe, être occupée par deux ruisseaux dont le plus oriental, qui prend naissance un peu à l'Ouest du ruisseau de Quang Liet, suit un trajet presque rectiligne de plus de 20 kilomètres avec la même direction nord-ouest — sud-est, et paraît avoir capté à son profit les divers tronçons du ruisseau de Quang Liet avant de se jeter dans le Song Bac Khe. Ce dernier enfin, après avoir traversé dans sa longueur tout le bassin de That Khe, se jette dans le Song Ky Kong au Sud-Est de ce bassin.

Entre Soc Giang et That Khe, la dépression Cao Bang — Loc Binh, bien qu'ayant nettement la direction nord-ouest — sud-est, paraît avoir obéi à la direction des arcs marqués dans cette région par la bordure du Massif de l'Est de Cao Bang. Les cotes actuelles des vallées sont les suivantes : Soc Giang, 240 m. ; Cao Bang, 200 m. environ ; col de Ban Lang, 400 m. ; plaine de That Khe, environ 160 m. ; (le Song Ky Kong, au Sud de That Khe, est à 153 m.).

Au Sud-Est de That Khe la majeure partie de la dépression Cao Bang-Loc Binh correspond à la vallée du Song Ky Kong, jusqu'à Loc Binh.

Reprenons le Song Ky Kong à Loc Binh et revenons vers That Khe :

De Loc Binh à l'Est de Lang Son ce fleuve occupe une large vallée fortement alluvionnée. A l'Est de Lang Son, il abandonne la dépression Cao Bang-Loc Binh pour ne la reprendre qu'à Na Cham, après un long trajet où il a souvent creusé des gorges étroites dans les massifs de Rhyolithes de l'Ouest de Lang Son ; puis il la suit jusqu'au bassin de That Khe où il forme une boucle et tourne brusquement vers l'Est pour aller ensuite, suivant un long parcours capricieux, rejoindre le Song Bang Giang à

Loung Tcheou. La boucle du Song Ky Kong, dans la partie où ses deux branches sont parallèles, a plus de douze kilomètres de longueur sur une largeur qui ne dépasse pas quatre kilomètres.

Les cotes sont de 300 m. à Loc Binh, 260 m. au point où le Song Ky Kong quitte la dépression, 160 m. environ à Na Cham.

Entre Na Cham et l'Est de Lang Son la dépression Cao Bang-Loc Binh est très nettement marquée ; elle correspond à la rivière de Dong Dang entre Dong Dang et Na Cham ; aux petites vallées que suit le chemin de fer de Lang Son à Dong Dang entre ce dernier poste et le Nord de la plaine de Lang Son ; enfin, à la partie Nord-Est de la plaine de Lang Son.

Je ne sais pas si la dépression est encore visible au Sud-Est de Loc Binh. La carte montre, suivant cette direction, et jusqu'à Tien Yen, une série de rivières qui paraissent bien la jalonner et dont l'alignement aboutit à un delta important.

Le long de la dépression Cao Bang-Loc Binh sont conservés des restes d'anciens bassins tertiaires lacustres. Ce sont du Nord au Sud :

1° Le bassin de Cao Bang dont les traces sont visibles, suivant l'alignement nord-ouest — sud-est de la dépression sur plus de vingt-deux kilomètres.

2° Le bassin de That Khé dont la longueur conservée ne dépasse pas cinq ou six kilomètres.

3° Une série d'affleurements qui paraissent correspondre à un seul bassin très allongé, se rencontrent d'une façon presque continue du Nord-Est de Lang Son jusqu'à la plaine de Loc Binh, c'est à dire sur vingt-cinq kilomètres de longueur environ,

Nous ne savons pas s'il existe, plus au Sud-Est, des restes de bassins tertiaires.

La dépression Cao Bang — Loc Binh et ses bassins tertiaires mettent en relief un certain nombre de faits et posent quelques problèmes.

L'étude des bassins tertiaires de Cao Bang et de That Khe (nous n'avons pas étudié les autres) nous montrent que les dépôts tertiaires sont postérieurs aux charriages, puisqu'ils reposent, au moins en partie, sur des terrains charriés.

De plus, nous savons que les formations qui occupent ces bassins sont actuellement inclinées ou même plissées.

Il est très difficile de dater d'une façon précise la dépression Cao Bang-Loc Binh. Nous ne possédons à ce sujet qu'un seul argument positif, l'âge, connu avec une approximation bien relative, des bassins tertiaires. Comme on le verra dans notre partie stratigraphique, le gisement fossilifère de Cao Bang serait mio-pliocène, celui de That Khe n'est pas daté, et celui de Na Giao, au Nord-Nord-Est de Lang Son serait oligocène [COLANI 3].

Que ces gisements soient ou non d'âges différents, on peut admettre en tous cas qu'ils sont tertiaires, et postérieurs à l'Eocène ; il est évident que les dépressions dans lesquelles se sont effectués les dépôts tertiaires sont antérieures à ces dépôts. Ces dépressions semblent donc devoir être d'âge pliocène, ou plus anciennes, sans qu'il nous soit possible de fixer une limite antérieure, puisque nous ne connaissons pas l'âge des charriages.

Quelles hypothèses peut-on faire quant à l'origine de la dépression Cao Bang-Loc Binh, dépression d'ailleurs identique à celles qu'on connaît partout au Tonkin ?

M. DEPRAT [6 p. 220 et 8 p. 77] admet, pour origine de ces dépressions, un mouvement épeirogénique suivi d'effondrements en chapelets, dûs à un réseau de grandes failles.

Cette hypothèse ne concorde pas avec nos observations sur le bassin tertiaire de Cao Bang. Ce bassin présente bien des couches inclinées qui buttent par faille au Nord-Est contre les roches éruptives et les schistes charriés du Song Hiem, mais cette faille est bien nettement postérieure, non seulement au dépôt des couches tertiaires avec lignites, mais encore au mouvement qui a donné aux couches leur pendage. Au Sud-Ouest le bassin présente une succession concordante de poudingues à gros éléments, puis à éléments plus fins, suivis de grès, de molasses et de schistes; cet ensemble repose sur les Schistes du Song Hiem sans aucune faille importante. Le bassin de That Khe ne présente pas davantage de grande fracture. Aussi l'idée des fossés d'effondrement doit être rejetée.

L'hypothèse d'un plissement à grand rayon de courbure, consécutif aux phénomènes de charriages, cadre mieux avec nos observations. Par suite de ces plissements, des alignements de dépressions synclinales, des synclinaux naissants, pourrait-on dire, se seraient formés, laissant entre eux de larges régions anticlinales. Dans ces dépressions se seraient effectués des dépôts tertiaires isolés les uns des autres, cependant que le plissement continuait, donnant aux formations tertiaires leur inclinaison actuelle. Il est naturel que, si un mouvement tangentiel donnant naissance à des plis se poursuit, les premiers plis formés doivent s'accuser de plus en plus sans qu'ils puissent s'inverser; et il résultera d'un phénomène de ce genre, soit des synclinaux de plus en plus profonds, soit des anticlinaux de plus en plus élevés, soit les deux.

Les vestiges demeurant actuellement ne permettent pas de dire si les bassins tertiaires ont été ou non à l'origine réunis par un fleuve aboutissant à la mer et cela a d'ailleurs peu d'importance.

Ce qui paraît plus certain, c'est qu'un grand fleuve a existé depuis entre Soc Giang et Loc Binh, suivant la dépression signalée. Des traces de méplats appartenant à l'ancienne vallée, à un peu plus de 200 m. au-dessus du niveau actuel des bassins tertiaires, montrent la continuité entre Cao Bang et That Khe. De même entre Na Cham et l'Est de Lang Son, l'existence d'une vallée encore récente n'est pas douteuse.

Où faut-il chercher l'origine du morcellement de ce grand fleuve, de la boucle du Song Ky Kong au Sud-Est de la plaine de That Khe, et aussi du grand détour que fait actuellement ce fleuve à l'Ouest de Lang Son?

Des phénomènes de capture, d'ailleurs fréquents au Tonkin dans la région des Schistes, pourraient expliquer en partie le morcellement du fleuve et l'origine de la boucle du Song Ky Kong; mais ils ne permettent pas de comprendre comment ce fleuve, qui suivait autrefois directement, dans un sens ou dans l'autre, la dépression facile comprise entre Na Cham et l'Est de Lang Son, s'est creusé maintenant, transversalement aux plis et dans des terrains variés qui comprennent d'énormes massifs de Rhyolithes, des canyons étroits et sinueux, coupés de nombreux barrages qui viennent à peine d'être sciés par une érosion très récente. Nous devons donc chercher dans les mouvements du sol une autre hypothèse, mais auparavant il nous sera utile de dire quelques mots de l'ancien lac de Lang Son.

4. — L'ANCIEN LAC DE LANG SON

La petite ville de Lang Son occupe à peu près le Sud-Ouest d'une plaine d'alluvions assez vaste située en bordure de la dépression Cao Bang — Loc Binh et séparée de cette dépression par des mamelons peu élevés.

Des rochers ouralo-permiens percent en divers points le manteau d'alluvions. Le cours actuel du Song Ky Kong a creusé dans ces alluvions, en nombreux méandres, un lit peu profond qui met à nu en divers points le substratum. Ni sur la périphérie de la plaine, ni dans le lit du fleuve ne se montre la moindre trace de dépôts tertiaires ; les alluvions récentes reposent soit sur l'Ouralo-permien, soit sur des schistes triasiques.

La plaine de Lang Son correspond visiblement à un ancien lac pour lequel nous poserons tout de suite la question d'âge.

Des tufs ossifères, existant dans les rochers de la plaine de Lang Son, ont été décrits par M. MANSUY [38] et attribués pas lui au Mio-pliocène, tout au plus à la fin du Pliocène, c'est à dire à peu près à l'âge des flores des bassins lacustres de la dépression Cao Bang — Loc Binh.

Deux barres d'érosion se voient, l'une à 15 m., l'autre à 40 m. environ, au-dessus du niveau actuel des alluvions. A ces barres correspondent des tufs [MANSUY 38], mais seuls les tufs voisins de la barre inférieure sont ossifères et rempliraient parfois cette barre. M. MANSUY en déduit que ces tufs se sont formés postérieurement à l'époque de « l'érosion lacustre ou fluviale » des calcaires.

Il n'est pas douteux que les éléments des tufs ossifères, dont M. MANSUY voit l'origine dans des débris rapportés par les grands félins, n'ont pu être accumulés que dans des grottes déjà existantes, et à un moment d'émersion complète.

Pouvons-nous affirmer d'après ces faits que, vers la fin du Pliocène, à une altitude voisine de celle des affleurements tertiaires de l'Est de Lang Son, existait, soit un lac, soit une rivière dont le niveau était de 15 m. supérieur à celui des alluvions actuelles ? Bien que l'altitude correspondante des grottes et des affleurements tertiaires à l'Est de Lang Son dans la dépression Cao Bang — Loc Binh puisse être un argument, je ne crois pas qu'il soit permis de conclure. On ne sait pas ce qui s'est passé pendant la longue période comprise entre les dernières formations sédimentaires connues au Tonkin et le Mio-pliocène. Aussi est-il impossible de discuter sur l'âge de grottes, peut-être très anciennes, et sur l'existence d'un lac antérieur aux tufs ossifères.

Il n'est pas douteux cependant que la plaine de Lang Son ne corresponde à un ancien lac ; mais, loin d'être antérieur à la formation des tufs, ce lac leur est postérieur ; c'est à une époque très récente que le Song Ky Kong a suffisamment entamé les barres rocheuses qui forment encore des rapides tout le long de son cours, en aval de Lang Son, pour arriver à le vider ; et la preuve en est non seulement dans l'état encore peu avancé de l'érosion des barrages du Fleuve, mais aussi dans le fait que l'ancienne vallée du Song Ky Kong, entre Na Cham et l'Est de Lang Son, est encore bien marquée ; une seule cause sur laquelle nous allons revenir, les mouvements de terrains, a pu fermer la vallée du fleuve, donnant ainsi naissance au lac de Lang Son qui a subsisté pendant tout le temps que le Song Ky Kong a mis à se creuser, dans des roches dures, le nouveau lit, encaissé et sinueux, visiblement très jeune, qu'il occupe aujourd'hui.

CHAPITRE III

LES MOUVEMENTS POSTÉRIEURS AUX CHARRIAGES

Entre la pénéplaine du Nord-Est du Tonkin et le lit actuel des rivières, une série étagée de traces d'anciens niveaux, méplats dans les schistes, vallées suspendues dans les calcaires, terrasses, etc... prouvent l'existence de changements fréquents du niveau de base. Il est bien difficile de dire si ce changement s'est fait progressivement ou par à coups, faute d'un nivellement suffisamment précis. Ces changements du niveau de base, qui paraissent rappeler les mouvements eustatiques de SUESS [48, Tome II, pp. 811 et 859], ont pour cause, d'après M. DEPRAT, des mouvements épeirogéniques pouvant être accompagnés de gauchissement [8]. Il n'est pas permis d'attribuer à un simple gauchissement d'une masse qui s'élève des dépressions régulières et parallèles ; c'est seulement comme nous l'avons établi plus haut, à un plissement faible qu'un pareil phénomène doit sa genèse ; plissement qui a duré assez longtemps pour déformer les bassins tertiaires. C'est dans un plissement que MM. LANTENOIS [26] et JACOB [20, p. 194] cherchent l'origine de la direction nord-ouest — sud-est des grandes vallées du Tonkin.

Si l'existence d'un plissement est bien établie, il ne s'en suit pas pourtant que des mouvements épeirogéniques ou eustatiques soient complètement étrangers aux changements du niveau de base qui ont donné naissance à tous les phénomènes d'érosion consécutifs au dépôt et au plissement du Tertiaire lacustre.

Il est cependant un fait important qui ne peut être expliqué par la considération ni de mouvements épeirogéniques, ni de mouvements eustatiques.

Les bassins tertiaires actuels, dans la dépression Cao Bang — Loc Binh, (et aussi dans toutes les dépression similaires connues au Tonkin) occupent des cotes assez basses au fond de ces dépressions.

Si nous examinons en particulier le bassin de Cao Bang nous verrons que les alluvions actuelles sont à l'altitude de 200 m. environ. Si l'on considère l'épaisseur assez considérable des couches inclinées, nous pouvons en déduire que la partie la plus profonde du bassin tertiaire doit être au-dessous du niveau de la mer actuelle. Or tout près de là, dans le Lu Khu, la pénéplaine de l'Est du Tonkin se tient à une altitude de 1000 m. c'est à dire que, depuis sa formation, le niveau de base relativement à cette pénéplaine a changé de 1000 m. environ. Si tout le pays avait monté en bloc il faudrait admettre que les dépôts tertiaires se sont effectués dans des fosses dont le fond aurait été de 1000 m. en contre bas du niveau de la mer de l'époque ; il est visible aussi que le Lu Khu n'a pas monté de 1000 m. laissant à la même hauteur la dépression et le pays pénéplainisé des Schistes situé à l'Ouest ; car ce pays a monté également et présente, comme les Massifs de l'Est, des traces des changements du niveau de base.

Seul, un plissement peut expliquer la surrection de certaines zones à l'exclusion d'autres. Un simple gauchissement dû à un mouvement épeirogénique n'est pas

suffisant, et, nous le répétons, ne cadrerait pas avec la régularité et le parallélisme des alignements des bassins tertiaires. Il faut que les synclinaux dans lesquels étaient déposés les bassins tertiaires aient continué à s'approfondir entre des régions anticlinales larges peu déformées par le mouvement ; la conservation des surfaces pénéplainisées à peu près horizontales nous montre en effet qu'il n'y a pas eu déformation des anticlinaux.

Une objection pourrait être soulevée ; c'est que, si la pénéplaine du Nord-Est du Tonkin est, comme c'est l'opinion de M. DEPRAT, antérieure au dépôt des sédiments tertiaires, (ce qui lui donnerait un âge anté-mio-pliocène et peut-être anté-oligocène), l'importance de la variation du niveau de base, sur laquelle nous appuyons plus haut notre discussion, peut être fort amoindrie ; il n'en est rien, car, en dehors de la pénéplaine, nous avons signalé à toutes hauteurs de nombreuses surfaces d'érosion témoignant de l'existence de niveaux de base successifs. L'argument tiré de la différence actuelle d'altitude reste donc le même et il semble logique d'admettre que le mouvement tangentiel, qui a donné naissance aux synclinaux et plissé les bassins tertiaires, s'est continué très longtemps après.

Cependant des changements du niveau de base dûs à des mouvements d'une autre nature, soit épeirogéniques, soit eustatiques, sont probables.

Ce seraient des mouvements plus récents, auxquels il faudrait attribuer les terrasses de Cao Bang reposant sur le Tertiaire, les unes à quelques mètres, les autres à 100 m. du thalweg, les méplats de l'ancienne vallée entre Cao Bang et That Khe à 200 m. environ au-dessus du niveau des alluvions récentes des bassins tertiaires, et peut-être les barres d'érosion des rochers de Lang Son. En même temps se seraient produites les modifications dans le réseau hydrographique, morcellement du Song Ky Kong, boucles, création du lac de Lang Son et érosion nouvelle du Song Ky Kong dans les massifs de Rhyolites, tous phénomènes qui ont exigé, non seulement un changement du niveau de base, mais aussi des déformations assez marquées, déformations compatibles toutefois avec des mouvements épeirogéniques ; dans ce cas un mouvement eustatique est mis hors de cause. Mais, si l'on suppose que le mouvement tangentiel dont nous avons démontré l'existence se soit continué, les déformations peuvent lui être attribuées, et l'hypothèse d'un changement des niveaux de base, concomitant de ce plissement et dû à un mouvement eustatique, reste entière.

Pouvons-nous dire quelque chose de l'âge de ces mouvements ? Nous avons une seule base, ce sont les dépôts mio-pliocène. Que la Pénéplaine de l'Est du Tonkin soit antérieure ou postérieure à ces dépôts, l'existence d'un plissement de longue durée, débutant avant le Mio-pliocène, et continuant probablement au Pleistocène, est bien établi. Un mouvement de surrection des grands anticlinaux est démontré par la présence de niveaux d'érosions successifs, sans qu'il soit possible de préciser des cycles. Il semble que ce mouvement soit dû, au moins en partie, à la continuation de plissements et il est naturel que des synclinaux formés suivant des zones de moindre résistance, s'approfondissent suivant ces zones. Et ce n'est qu'à un plissement qu'on peut attribuer la dénivellation entre les restes des bassins tertiaires et les plus hauts niveaux d'érosion.

Les anomalies du réseau hydrographique doivent-elles être attribuées à ces plissements ou à des mouvements d'ensemble, épeirogéniques ou eustatiques ?

Faut-il voir dans les phénomènes que nous décrivons le résultat d'un mouvement épeirogénique, continu ou non, durant depuis une longue période et agissant en même

temps qu'un mouvement tangentiel traduit seulement par l'approfondissement des synclinaux ?

Ou n'a-t-on à envisager qu'un mouvement de plissement accompagné à une époque très récente d'un abaissement du niveau de la mer ?

Ces questions peuvent être posées, mais ce n'est que dans une étude d'ensemble basée sur des mesures précises effectuées non seulement dans le domaine étroit où nous sommes actuellement cantonnés, mais aussi dans les grandes dépressions synclinales voisines, celle du Fleuve Rouge et celles des bassins du Kouang Si, qu'elles peuvent être résolues.

Les seules choses que nous puissions retenir avec certitude sont :

1° l'existence d'un effort tangentiel, traduit par des plissements et accompagné, au moins dans la dernière période, d'un mouvement eustatique ou épeirogénique.

2° L'existence d'une « période actuelle » ayant pour début la surrection de la Pénéplaine du Nord-Est du Tonkin, sans qu'il soit possible d'établir un parallèle entre cette période et l'étage du Kin Cha Kiang de M. DEPRAT, ou tout autre étage analogue.

3° Nous le répétons encore, aucune division en cycles, aucune comparaison avec des étages connus dans d'autres régions ne sont possibles, non seulement pour les cycles intermédiaires correspondant à la période actuelle, mais aussi pour les étages antérieurs.

TROISIEME PARTIE

STRATIGRAPHIE

INTRODUCTION

Une échelle stratigraphique complète des terrains du Nord-Est du Tonkin est particulièrement difficile à établir. Comme nous le verrons dans la partie structurale de notre étude, cette région a été l'objet de mouvements tectoniques d'une grande intensité, amenant des chevauchements et surtout de fréquentes suppressions de séries qui rendent tout à fait insuffisante une étude basée uniquement sur la superposition des horizons. L'argument paléontologique est aussi souvent sujet à caution, soit parce que les fossiles recueillis sont plus ou moins déformés (et toujours très altérés), soit parce que les fossiles appartiennent dans la plupart des cas, ou à des groupes peu caractéristiques, ou à des espèces nouvelles dont les affinités avec celles d'autres provinces zoologiques ne peuvent être considérées comme des preuves absolues. Aussi dans les quelques discussions stratigraphiques que j'aurai à présenter, m'appuierai-je beaucoup sur l'étude de coupes nettes que j'ai moi-même relevées en divers points.

Pour ce qui est de l'argument paléontologique, en dehors des rares fossiles caractéristiques connus au Tonkin, je me baserai sur la comparaison des listes des fossiles recueillis par moi (1) ou par d'autres dans le pays considéré, en me servant des déterminations de ces fossiles faites par M. MANSUY (2), que sa longue expérience de la paléontologie du Tonkin et ses nombreux travaux rendent beaucoup plus compétent que moi en cette matière.

Je dois dire enfin que, pour des étendues considérables de terrains charriés, les arguments stratigraphiques et paléontologique m'ont fait complètement défaut ; j'ai dû

(1) J'ai prospecté au cours de mes explorations plus de 300 gisements fossilifères, dont le plus grand nombre encore inconnus. Les fossiles recueillis ont été déterminés par M. MANSUY et les espèces nouvelles décrites par lui [45].

(2) Je me baserai pour cette étude, en dehors des listes publiées antérieurement par d'autres explorateurs, sur celles données par M. MANSUY dans sa récente révision des fossiles de l'Indochine [43 et 44].

Je me servirai aussi presque exclusivement des discussions de M. MANSUY relatives aux affinités d'espèces, et à l'âge.

baser souvent mes attributions d'âge sur des analogies de faciès ou sur des données lithologiques que j'établirai en décrivant ces formations.

Avant de commencer l'étude stratigraphique de la contrée qui fait l'objet de mes travaux, je crois utile de dire quelques mots sur les attributions d'âge telles qu'elles ressortent des publications antérieures, en me limitant aux régions que j'ai moi même parcourues.

Monsieur le Commandant ZEIL distingue dans son mémoire [50, p. 5].

Série sédimentaire :

- I. Brèches et poudingues, schistes et grès, Système X.
- II. Schistes, calschistes, calcaires. Silurien-Dévonien.
- III. Permo-carbonifère (1).
- IV. Trias.
- V. Terrain rouge. Tertiaire lacustre.
- VI. Alluvions.

Série cristallophyllienne.

Série éruptive :

- Granite.
- Microgranite.
- Diabase.

Mais sur sa carte géologique, feuille de That Khe [54], à la suite de découvertes de fossiles survenues après la publication du mémoire, le Commandant ZEIL attribue au Trias, avec un point de doute, la plus grande partie des Schistes et des Brèches du Système X.

M. LANTENOIS [26, p. 6] a adopté dans l'ensemble l'échelle stratigraphique du Commandant ZEIL.

M. GIRAUD [19, pp. 8 et suivantes] signale dans la série sédimentaire de haut en bas :

- Formation schisteuse supérieure.
- Trias.
- Ouralo-permien.
- Dévonien.
- Gothlandien.
- Ordovicien.

Les résultats stratigraphiques actuellement les plus précis sont donnés par M. MANSUY dans son Catalogue général ; ces résultats sont basés uniquement sur

(1) M. DEPRAT a donné une échelle stratigraphique de l'Anthracolithique, échelle basée sur les Fusulinidés. Les matériaux recueillis dans les régions que je connais donnent des fossiles presque toujours spécifiquement indéterminables, ne me permettant pas, non seulement de discuter ses travaux, mais encore d'appliquer ses échelles à mon étude.

l'argument paléontologique. Nous indiquons ci-dessous les grands divisions étudiées par M. MANSUY [43 et 44].

Tertiaire lacustre.
Secondaire.
Anthracolithique.
Dévonien.
Gothlandien.
Ordovicien.
Cambrien.

Parmi les travaux antérieurs nous devons signaler en plus de la feuille de That Khe [54] dont il a été question ci-dessus :

1^o Les feuilles au 1/200.000^e de Ha Lang et de Cao Bang [52 et 53] sur lesquelles sont séparés les termes suivants :

Série sédimentaire	{	Alluvions.
		Tertiaire.
		Calcaires ouralo-permiens.
		Silurien-Dévonien.
Série éruptive. . .	{	Microgranite.
		Granite.

Ces feuilles, sur lesquelles tous les massifs calcaires sont compris dans l'Ouralo-permien et tous les massifs schisteux dans le Silurien-Dévonien, ne peuvent être considérées que comme des cartes d'extension d'aires rocheuses ;

2^o La feuille géologique de Lang Son au 1/100.000^e dressée par M. COUNILLON, non publiée.

Nous citerons également les cartes d'extensions d'aires rocheuses relevées par les géodèses et topographes du Service Géographique de l'Indochine au cours de leurs travaux, sur lesquelles sont séparés schistes, calcaires, schistes cristallins et terrains éruptifs.

Les coupures importantes dans les assises sédimentaires, sur lesquelles tous les auteurs qui se sont occupés du Nord-Est du Tonkin sont à peu près d'accord sont les suivantes :

Tertiaire.
Secondaire (Trias).
Anthracolithique.
Silurien-Dévonien.
Cambrien.

Mais la stratigraphie de détail de ces régions ne ressort nullement de la comparaison des travaux déjà publiés, et n'en restait pas moins complètement à étudier.

J'ai essayé d'établir cette stratigraphie pour les terrains compris sous le terme de Silurien-Dévonien, les seuls suffisamment bien représentés dans le Nord-Est du Tonkin pour permettre une discussion sérieuse. Je dirai quelques mots des autres terrains.

Nous adopterons dans notre exposé l'ordre suivant :

Chapitre I. — Terrains éruptifs et cristallophylliens.

Chapitre II. — Cambrien.

Chapitre III. — Silurien-Dévonien.

Chapitre IV. — Ouralo-permien.

Chapitre V. — Secondaire. Trias et Schistes du Song Hiem (Système X du Commandant ZEIL).

Chapitre VI. — Tertiaire et Quaternaire. Alluvions.

CHAPITRE I

TERRAINS ERUPTIFS ET CRISTALLOPHYLLIENS

Nous nous étendrons peu sur ce chapitre, nous réservant d'étudier, dans la cinquième partie de notre étude, les roches intéressantes.

Nous donnerons seulement ici les emplacements des principaux massifs, presque tous signalés déjà par nos devanciers.

I. *Feuille de Cao Bang*. — Le Dôme du Nui Tong Tinh et le Massif du Pia Oac occupent l'angle sud-ouest de la feuille de Cao Bang.

Le premier laisse affleurer des gneiss à mica noir très laminés, à grain très fin, et quelques micaschistes.

Le deuxième est composé d'une belle granulite à gros quartz dihexahédrique qui a souvent transformé en cornéennes les schistes au contact.

Notre carte indique l'extention de ces deux formations sur lesquelles nous aurons à revenir assez longuement dans notre exposé structural.

II. *Feuille de That Khe*. — Dans la région de Ngan Son un culot granitique, le Phan Ngame est formé d'un granite banal à mica blanc ; il est entouré d'une auréole de gneiss qui affleure non seulement tout autour du Phan Ngame, mais aussi en deux ou trois points, sous la couverture sédimentaire du Dôme de Ngan Son ; ces gneiss, accompagnés de quelques micaschistes, sont identiques à ceux du Dôme du Nui Tong Tinh et n'offrent rien de particulier.

III. *Feuille de Bao Lac*. — Nous signalerons le beau pic de granite du Pia Ya ; c'est un granite porphyroïde à mica noir. Il appartient à une série charriée qui comprend à l'Ouest des granites et des gneiss à amphibole avec amphiboloschistes et micaschistes.

Au Sud-Ouest de ce Massif, l'important Massif du Pia Ma présente des gneiss et des syénites néphélinique à œgyrine et amphibole sodique.

Nos cartes montrent l'extension de ces terrains.

IV. *Feuille de Bac Kan*. — Des affleurements de granite et gneiss très écrasés, situés à l'Ouest de Cho Ra seront étudiés avec la structure de la région.

Le Phia Bioc, énorme massif de granite porphyroïde à mica noir, occupe une bonne partie de la feuille de Bac Kan.

V. *Feuille de Ha Giang*. — Les terrains sédimentaires s'appuient dans la région de Ha Giang sur un grand massif de gneiss et de granite, le Massif du Haut Song Chay, étudié par M. DEPRAT [8].

Il est caractérisé par l'abondance de la tourmaline et renferme quelques amphibolites.

CHAPITRE II

CAMBRIEN

Le Cambrien est connu en deux points du Nord-Est du Tonkin.

1° — Au Chang Poug où il a été découvert par M. DEPRAT [8]. Les fossiles récoltés par M. DEPRAT ont été étudiés par M. MANSUY [36-37]. M. JACOB et moi avons revu en Mai et Juin 1920 le Cambrien du Chang Poug [21, pp. 28 et suivantes]. Je n'ai pas à y revenir ici.

2° — Je citerai, également pour mémoire, le petit gisement du blockhaus de Quan Ba où M. MANSUY [33, p. 33] a signalé des Lingulelles. M. DEPRAT [8, p. 89] a recueilli dans ce gisement, placé à la base d'une lame de charriage, un fossile rapporté avec quelques réserves par M. MANSUY [36, p. 7.] à *Acrothele Matthewi eryx* WALCOTT.

Le mauvais état des échantillons recueillis et le groupe auquel ils appartiennent laissent quelques doutes sur l'attribution au Cambrien des terrains du blockhaus de Quan Ba.

CHAPITRE III

SILURIEN ET DEVONIEN

Les terrains inférieurs à l'Anthracolithique et supérieurs au Cambrien occupent la majeure partie de la surface du Nord-Est du Tonkin. Ces terrains, fossilifères en de nombreux points, ont été parcourus à maintes reprises, sans que les résultats des travaux antérieurs permettent de se faire une idée précise de la stratigraphie de détail, ainsi que nous l'avons dit dans notre introduction.

Nous allons coordonner, autour de nos observations personnelles, les résultats déjà acquis. Signalons tout de suite l'extension dans le Nord-Est du Tonkin d'un horizon très important et partout fossilifère, la zone des Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, appartenant à l'Eifélien. La constance de cet horizon, particulièrement facile à reconnaître, nous oblige à nous en servir dans la présentation de notre exposé.

Nous adopterons dans l'étude du Silurien-Dévonien, l'ordre suivant :

1. Exposé des travaux antérieurs.
2. Description de coupes particulièrement nettes dans diverses régions; établissement de notre échelle stratigraphique et listes de fossiles.
3. Discussion des listes de fossiles.
4. Comparaison entre l'échelle stratigraphique ainsi établie et les échelles adoptées dans les travaux antérieurs.
5. Extension des terrains.

1. — EXPOSÉ DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

M. le Commandant ZEIL [50, pp. 5 et 6] et après lui M. LANTENOIS [26, p. 7], admettent la succession suivante :

Permo-Carbonifère.

- | | | |
|--------------------|---|---|
| | { | 4. Calcaires bleus épais, sans fossiles. |
| | | 3. Calcschistes à Ptéropodes. |
| Silurien-Dévonien. | | 2. Calcschistes à phtanites contenant : <i>Heliotès decipiens</i>
MAC COY, <i>Calceola</i> , <i>Rhynchonella procuboides</i>
KAYSER, <i>Rh. cf. parallelipipeda</i> BRONN, <i>Rh. yunnanensis</i> DE KONINCK. |
| | | 1. Schistes à <i>Spirifer</i> très riches en fossiles. |
| | | |

Système X.

Le Commandant ZEIL distingue sur sa carte [54] les terrains suivants :

Trias supposé.
Permo-carbonifère.
Silurien-Dévonien.
Schistes à *Spirifer*.
Horizon de Na Bor.
Brèche et Poudingue.

L'horizon de Na Bor et les brèches et poudingues sous-jacents semblent être une partie du Système X du Mémoire, l'autre partie étant placée dans le Trias supposé.

Plus tard M. GIRAUD essaie d'établir une série stratigraphique plus complète [19, pp. 34-35].

Ouralo-permien.

Série 7. — Calcaire de Pa Pei à *Rhynchonella yunnanensis* DE KONINCK.
Calcaire de Ngan Son à *Calceola sandalina* LAMARCK.

Série 6. — Schistes terreux et calcaires de Na Sat, Tien Tieu à :

Rhynchonella cf. *sphærica* SOWERBY.
Leiorhynchus sp.
Athyris concentrica v. BUCH.
Lingula cf. *Sysmondi* SALTER.
Modiolopsis prosinuata MANSUY.
Hyolites sp.
Styliola cf. *fissurella* HALL.

Dévonien . . . \ Série 5. — Série schisto-calcaire supérieure pouvant être réunie à la suivante, de Kim Lu, Na Che et probablement Na Ca, avec :

Rafinesquina Douvillei MANSUY.
— *orientalis* MANSUY.
Phtonia sp.
Chonetes Lantenoisi MANSUY.
Plectambonites yenlacensis MANSUY.

Série 4. — Série schisto-calcaire inférieure de Na Man, Khao Jeng avec :

Chonetes Lantenoisi MANSUY.
Chonetes indosinensis MANSUY.
Spirifer crispus HISINGER
Proetus namanensis MANSUY.

Dévonien... { Série 3. — Série schisteuse ou schisto-calcaire de Na Bor, Lang Den, Van Linh à :
(suite) { *Spirifer tonkinensis* MANSUY.
Spirifer dongvanensis MANSUY.
Spirifer bijugosus MAC COY.
Stropheodonta annamitica MANSUY.
Chonetes Lacroixi MANSUY.

Gothlandien. Série 2. — Série de Na Yan à *Climacograptus* cf. *scalaris* HISINGER.

Ordovicien.. { Série 1. — Série schisto-gréseuse de Nam Ho à *Calymmene Douvillei* MANSUY.

Au-dessus de l'Ordovicien à *Calymmene Douvillei* de Nam Ho, M. GIRAUD n'attribue au Gothlandien que la faune à *Climacograptus*. Toutes les autres faunes figurent dans la description du Dévonien. Dans son résumé [19, pp. 34 et suivantes] M. GIRAUD n'est pas très formel ; il semble attribuer au Dévonien inférieur les couches à *Chonetes Lacroixi* et *Chonetes Lantenoisi* ; la faune à *Chonetes Lacroixi*, inférieure à l'autre, comprend d'après cet auteur, *Spirifer tonkinensis* MANSUY (variation de *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM) qu'il place dans l'horizon de Na Bor du Commandant ZEIL.

Enfin, M. MANSUY donne dans son Catalogue général [43 et 44] les listes suivantes : (toujours en nous limitant à la haute région Nord-Est du Tonkin).

I. — Ordovicien.

Ordovicien douteux de la région du Pia Oac (Pac Gai) à Schistes à *Streptorhynchus sarmentosus* M, COY [43, p. 24].

II. — Gothlandien.

Schistes à *Spirifer crispus* et *Sp. sulcatus*, entre Ban Gioc et Ban Cra, kilomètre 72 de la route, feuille de Ha Lang [43, p. 27 et 33, p. 27].

Schistes à *Climacograptus* de Na Yan, feuille de Pho Binh Gia [43, p. 28 et 41, p. 4].

Schistes du Deo Ro, feuille de Pho Binh Gia [43, p. 28 et 40, p. 51].

Schistes et calcschistes à *Heliolites*, *Favosites gothlandicus*, *Orthis testudinaria* etc. . . . de Yen Lac, feuille de That Khe [43, p. 29 et 33, pp. 33 et suivantes].

Schistes à *Spirifer crispus* de Na Man et de Kim Lu, feuille de That Khe [43, p. 31 et 40, pp. 40 et suivantes].

Schistes à *Spirifer bijugosus* de Van Linh et de Lang Nac, feuille de Pho Binh Gia et de Lang Son [43, p. 32 et 35, p. 8].

III. — Dévonien.

a — Schistes à *Chonetes Zeili* de Pien Doc [43, p. 50 et 33, pp. 36-39].

b — Schistes à *Cyphaspis* de Na Ca [43, p. 51 et 41, pp. 5, 6, 9, 12].

c — Schistes, calcaires et calcschistes à *Spirifer speciosus*, etc.... [43, pp. 53 et suivantes; 33, pp. 32-30 et suivantes; 39, pp. 1, 23; 41, p. 7].

d — Calcschistes à *Athyris concentrica* de Tien Tieu [43, p. 62 et 40, pp. 52 et 53].

e — Calcaires à *Rhynchonellidés* de Pa Pei [43, p. 62 et 33, pp. 51-53].

IV. — Anthracolithique.

Je donne immédiatement ici l'échelle stratigraphique que j'ai établie et les attributions d'âges, me réservant de les discuter dans les pages suivantes :

ÉTAGES	MASSIF DE L'EST DE CAO-BANG	FENÊTRE DE YEN LAC	SCHISTES DE NA YAN	FENÊTRE DE PHIENG DIA
Anthracolithique .				
Dévonien supérieur (Frasnien ?) . . .	Calcaires griottes. Schistes à ptéropodes . . .	Série de Pa Pei.		Schistes et Calcaires de Phieng Dia.
Givétien	Série de Ha Lang. Calcaires à <i>Stringocephalus Burtini</i> DE FRANCE.	Série des lydiennes.		
Eifelien	Calcaires noirs dolomitiques avec récifs à Stromatoporidés. Calcaires marneux. Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> . Série du Bong Son. Schistes inférieurs à <i>Sp. crispus</i>	Complexe des schistes à <i>Sp. speciosus</i> SCHLOTHEIM avec bancs discontinus de calcaires Série de Na Man à <i>Sp. crispus</i> (¹).		
Gothlandien . . .			Schistes de Na Yan.	
Ordovicien	Non représenté dans la partie du Nord-est du Tonkin étudiée dans cet ouvrage.			

(¹) J'attire l'attention du Lecteur sur le *Spirifer* désigné jusqu'ici au Tonkin sous le nom de *Spirifer crispus* HISINGER. M. PATTE conclut, à la suite d'une révision récente, que l'espèce du Tonkin n'est pas la même que celle d'HISINGER et peut se rapporter aussi bien à des *Spirifers* dévoniens. Nous verrons plus loin que mes discussions stratigraphiques conduisent au même résultat. Cependant, pour ne pas apporter de changements aux listes déjà établies, je continuerai à désigner ce fossile sous le nom de *Spirifer crispus*.

2. — ÉTABLISSEMENT D'UNE ÉCHELLE STRATIGRAPHIQUE DU SILURIEN
DÉVONIEN ET LISTES DE FOSSILES

Les successions antérieurement admises, que nous avons résumées ci-dessus, comprennent toutes un niveau de Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. Ce niveau, l'un des plus constants du Haut Tonkin, est, comme nous le verrons, attribué à l'Eifélien. Il nous sera commode d'étudier d'abord dans un même paragraphe les terrains antérieurs à ces Schistes ; nous verrons ensuite ces Schistes et le reste du Dévonien.

A. — Terrains antérieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM

Les formations plus anciennes que les Schistes à *Spirifer speciosus* affleurent dans deux régions principales.

a. Dans la Région autochtone de l'Est de Cao Bang (feuilles de Ha Lang, Cao Bang et That Khe) où nous les désignerons sous le nom de Série du Bong Son.

b. Dans la Région de Yen Lac (Feuille de That Khe) où ils constituent la Série de Na Man.

a. Série du Bong Son.

Anticipant sur notre étude structurale nous signalerons ici que les terrains primaires de la Zone autochtone de l'Est de Cao Bang sont plissés en dômes ou anticlinaux plus ou moins allongés. C'est au centre de ces anticlinaux ou dômes que se montre, à la faveur de l'érosion, la Série du Bong Son. Le plus important d'entre eux, qui contient également les horizons les plus nombreux, est l'Anticlinal du Bong Son, qui occupe une bonne partie de la feuille de Ha Lang, entre Trung Khang Phu, Ban Cra et Ha Lang.

La partie profonde de l'Anticlinal est composée de schistes ardoisiers noirs et de schistes bleus ordinaires souvent chargés en quartz. Ces derniers ne présentent pas de caractères particuliers et leur aspect diffère suivant leur degré d'écrasement et d'altération.

Ces schistes, que nous appellerons les Schistes inférieurs du Bong Son, affleurent au Sud de Ban Gioc le long de la route du Ban Gioc à Ban Cra. C'est au km. 72 ? de cette route que M. MANSUY a signalé [43, p. 27].

Spirifer crispus HISINGER.

Spirifer sulcatus HALL.

Zaphrentis.

Cyathophyllum.

Le tracé de la route ayant été modifié, je n'ai pu retrouver le gisement de M. MANSUY. Aux environs de l'emplacement probable de ce gisement les schistes ne m'ont fourni que des débris trop écrasés pour être utilisables.

Des schistes analogues, qui ne m'ont nulle part fourni aucun fossile, existent en divers points du Bong Son, notamment au Nord-Ouest de la cote 900. Leurs affleurements, visibles seulement dans de profonds ravins, sont toujours très réduits.

Nous ne connaissons pas les schistes inférieurs du Bong Son dans les autres dômes de la Zone autochtone, où l'érosion ne les a pas encore mis à jour.

Dans l'Anticlinal du Bong Son, les schistes inférieurs supportent une puissante masse de grès micacés, généralement assez fins, avec bancs subordonnés de schistes rubannés polychromes et de schistes argileux verdâtres, souvent roses ou rouges par altération. Cette formation, dont l'épaisseur dépasse 500 m., constitue la masse principale du Bong Son. Elle affleure aussi au centre des dômes les plus érodés de la Zone autochtone, c'est à dire dans le Dôme de Cach Linh (feuille de Cao Bang) et dans divers dômes de la région de Dong Khe (feuille de That Khe). Nos cartes indiquent suffisamment leur extension.

Dans l'Anticlinal du Bong Son, ces grès et schistes renferment de minces lames discontinues d'un calcaire marneux noir, à grain très fin, généralement très laminé.

Cet ensemble ne nous a fourni nulle part aucun fossile.

Il supporte une zone étroite discontinue de grès grossiers, parfois de vrais poulingues, de quartzites, de minces bancs calcaires, de brèche siliceuse, se terminant au sommet par des grès et schistes lie-de-vin à taches vertes. L'ensemble de cette zone, sur laquelle reposent les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, ne dépasse pas 100 m. d'épaisseur.

Ces éléments sont loin d'être continus. Seuls, les schistes et grès lie-de-vin se rencontrent fréquemment. Les autres niveaux ne nous sont connus qu'en paquets peu étendus en différents points de la périphérie de l'Anticlinal du Bong Son. La coupe, Fig. 2 ci-dessous, relevée à Lung Mo sur le flanc sud-est de l'Anticlinal du Bong Son, montre la superposition des horizons.

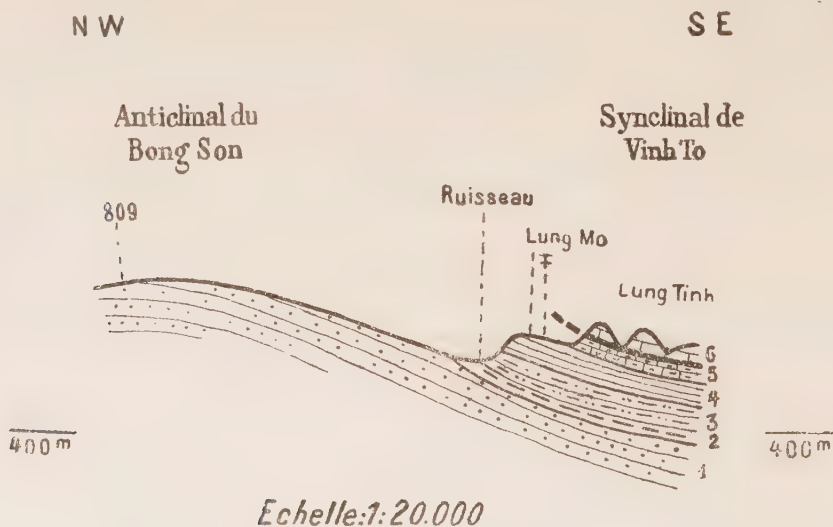


FIG. 2. — Coupe nord-ouest — sud-est par Lung Mo.

LÉGENDE: 1. Schistes et grès — 2. Grès grossiers. — 3. Brèches de quartzites, grès et schistes lie-de-vin à taches vertes. — 4. Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. — 5. Calcaires eiféliens. — 6. Calcaires ouralo-permiens.

Très souvent, les schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM reposent directement sur la série des schistes et grès, par suppression des zones 2 et 3 de la coupe Fig. 2.

b. — Série de Na Man.

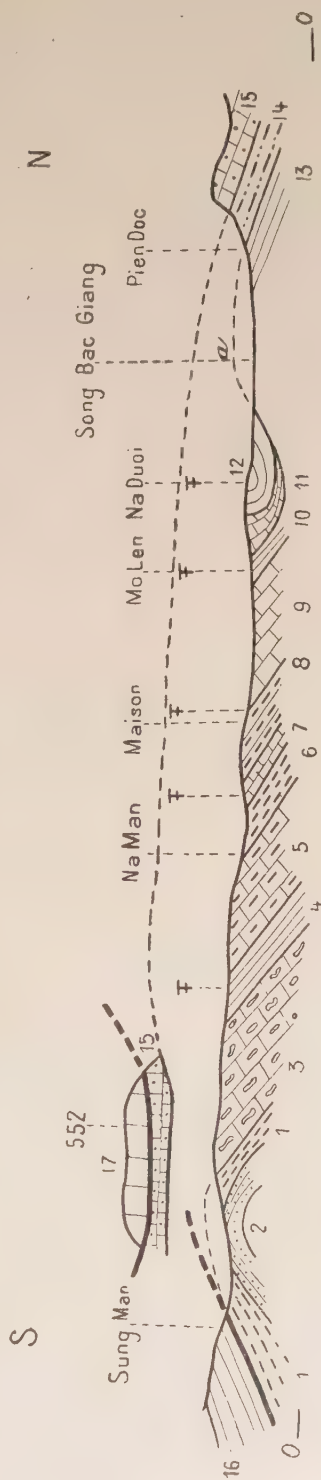
Dans la région de Yen Lac une fenêtre d'érosion fait paraître sous les Schistes charriés du Song Hiem les plis du Primaire autochtone. Ce Primaire comprend surtout du Dévonien, et les Schistes à *Spirifer speciosus*, sur lesquels nous reviendrons, sont bien représentés. Mais des terrains plus anciens que ces schistes affleurent en deux ou trois points, notamment à Na Man, où ils sont fossilifères.

Ces terrains sont formés d'un complexe de schistes argileux, généralement tendres, avec récifs discontinus, plus ou moins étendus, de calcaire noir finement grenu. Ce calcaire se trouve à n'importe quel niveau des schistes.

Cette série apparaît en dômes sous les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM; elle est peu plissée dans l'ensemble et les pendages des couches sont généralement très faibles.

Nous donnons ci-contre (Fig. 3) une coupe détaillée du petit Dôme de Na Man, et plus bas les listes des fossiles qui y ont été recueillis, par nous ou par d'autres.

Le Dôme de Na Man présente la série suivante dont la coupe est facile à lever entre Sung Man et Pien Doc :



Echelle: 1 30.000^e

FIG. 3. — Coupe nord-sud par Na Man.

LÉGENDE : 1. Complexe schisto calcaire. — 2. Schistes verts à *Spirifer crispus*. — 3. Calcaires noirs rognonneux. — 4. Schistes fossilifères (*Chonetes Lacroixi*). — 5. Calcaires noirs bréchoides. — 6. Lacune (Alluvions). — 7. Calcaires noirs. — 8. Schistes verdâtres à *Spirifer crispus*. — 9. Alluvions avec pointements de calcaires. — 10. Schistes noduleux, fossilifères. — 11. Calcaires gris ou noirs. — 12. Schistes à *Calceola sandalina*. — 13. Schistes. — 14. Schistes avec *Chonetes* cf. *Lantenoi*. — 15. Calcaires eiféliens. — 16. Schistes du Song Hiem. — 17. Calcaires ouralo-permiens.

1. Complexe schisto-calcaire très froissé, à petits nodules, sans fossiles.
2. Schistes verts, devenant jaunes par altération suivant les plans de cassure, dans lesquels j'ai recueilli :

Chonetes sp., aff. *Ch. longispina* MANSUY.

M. GIRAUD y signale :

Proetus namanensis MANSUY.

Spirifer crispus HISINGER.

Sp. aff. *speciosus* SCHLOTHEIM.

3. Calcaires noirs rognonneux, fragiles, en parties bréchoïdes.
4. Schistes verdâtres feuilletés ; ces schistes m'ont fourni :
Chonetes Lacroixi MANSUY.
Orthothetes (Schuchertella) pecten LINNE.
5. Calcaires noirs, souvent bréchoïdes, à parties finement cristallines.
6. Lacune, couches masquées par les alluvions.
7. Calcaires noirs en bancs massifs, assise peu épaisse qui m'a fourni, près du Pagodon de Na Man, un *Amplexus*.
8. Schistes gris verts fossilifères où j'ai recueilli :

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Spirifer crispus HISINGER.

M. GIRAUD y signale, en plus de *Chonetes Lantenoisi* MANSUY :

Rafinesquina Douvillei MANSUY.

Proetus namanensis MANSUY.

9. Alluvions laissant passer des pointements nombreux de calcaires gris noir, souvent siliceux, parfois bréchoïdes et avec parties finement cristallisées. Ces calcaires, parfois dolomitiques, semblent renfermer des *Alveolites*. M. GIRAUD y signale des *Favosites*.

10. Schistes noduleux bleu vert, généralement altérés en jaune ou rouge, avec miches calcaires, qui m'ont donné :

Strophonella inversa MANSUY.

et où M. GIRAUD signale :

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Proetus namanensis MANSUY.

Spirifer sp.

Ces schistes affleurent au village même de Mo Len, sur le flanc sud d'un tout petit mamelon.

11. Calcaire recristallisé sans fossiles, gris ou noir, occupant l'arête du mamelon.

12. Schistes verdâtres plus ou moins altérés, affleurant sur le versant nord du mamelon, très fossilifères à Na Duoi où ils m'ont fourni une faune abondante et bien conservée :

Calceola sandalina LAMARCK.

Chonetes cf. *margaritacea* WHIDBORNE.

Atrypa reticularis LINNE.

Orthothetes cf. *umbraculum* SCHLOTHEIM.

Strophonella inversa MANSUY.

Spirifer undiferus RÖEMER.

M. GIRAUD signale dans les mêmes bancs :

Plectambonites yenlacensis MANSUY.

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Rafinesquina Douvillei MANSUY.

Styliola cf. *fissurella* HALL.

L'ensemble des horizons 10, 11 et 12 forme un petit synclinal qui supporte vers l'Ouest des quartzites.

En poursuivant notre coupe vers le Nord, après un espace assez considérable où les alluvions anciennes du Song Bac Giang masquent le terrain, on retrouve sous les rochers de Pien Doc des schistes peu fossilifères m'ayant fourni cependant à 500 mètres au Sud-Ouest de Lang Cao :

Chonetes cf. *Lantenoisi* MANSUY.

Nous ne savons pas en quel point précis ont été recueillis par M. ZEIL les fossiles suivants des schistes de Pien Doc [MANSUY, 43, p. 50 et 33 pp. 36-39] :

Chonetes Zeili MANSUY.

Orthothetes (Hipparionyx) Lantenoisi MANSUY.

En tous cas, au Nord du Song Bac Giang, les calcaires de Pien Doc, eiféliens au moins à leur base, reposent, avec un pendage faible vers le Nord, sur les schistes.

Les schistes de Na Duoi (horizon 12), se retrouvent plus à l'Ouest sur la route de Yen Lac à Na Ri où ils m'ont fourni :

Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.

M. GIRAUD y signale en outre :

Conchidium sp.

Orthothetes sp.

Proetus namanensis MANSUY.

Ces derniers schistes reposent, par l'intermédiaire de calcaires gris, sur les schistes de Yen Lac.

A 600 m. à l'Est de Yen Lac, j'ai trouvé :

Orthis cf. *testudinaria* DALMAN.

Spirifer cf. *crispus* HISINGER.

M. GIRAUD signale, à 150 m. à l'Est-Nord-Est du poste, des schistes avec :

Spirifer crispus HISINGER.

Orthis testudinaria DALMAN.

O. cf. *testudinaria* DALMAN.

Favositidés, peut-être *Pleurodictyum*.

Les deux gisements de l'Est de Yen Lac appartiennent aux mêmes schistes, les Schistes de Yen Lac, inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* du Sud du Fleuve, et équivalent à la Série de Na Man.

M. MANSUY signale à Yen Lac (1) une faune abondante dont nous donnons la liste complète.

Heliolites decipiens MAC COY.

Amplexus cf. *distans* LINDSTROM.

Zaphrentis sp. ?

Aulacophyllum sp. ?

Alveolites sp. ?

Favosites gothlandicus LAMARCK.

Favosites cf. *Forbesi* M. E. & H.

Pleurodictyum (?).

Monticulipora cf. *Bowerbanki* M. E. & H.

Chonetes cf. *striatella* DALMAN.

Ch. Lacroixi MANSUY.

Orthothetes (*Schuchertella*) cf. *pecten* LINNE.

Rafinequina sp.

Orthis testudinaria DALMAN.

Cette faune nous paraît appartenir à divers horizons.

Avant de discuter la position stratigraphique exacte de ces faunes et leur âge, nous signalerons les autres affleurements de terrains antérieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* que nous connaissons dans la Fenêtre de Yen Lac et dans les régions voisines.

(1) Il faut entendre : la région de Yen Lac.

α. Sur la route de Yen Lac à Na Ri, les terrains antérieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* affleurent, sous la forme de calcaires noirs et de schistes près de la cote 294, au Nord de Ban Lua.

J'ai ramassé là dans les schistes (1) :

Spirifer crispus HISINGER.

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Les calcaires renferment des *Favosites* indéterminables spécifiquement.

Calcaires et schistes supportent un complexe de faciès pétrographique tout à fait analogue, avec des éléments de la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

J'ai ramassé dans les schistes ;

Proetus indosinensis MANSUY.

et dans les calcaires :

Heliolites porosa M. E. et H.

Monotrypa cf. *sphaerica* HALL.

Ces derniers calcaires sont ici supérieurs aux schistes à *Proetus*.

Signalons tout de suite, au point de vue association d'espèces, que, entre les gisements ci-dessus et le gisement du Sud de Yen Lac, j'ai trouvé dans des schistes verts en plaquettes pendant 30° nord-est (ce sont les mêmes que ceux du Sud de Yen Lac), la faune suivante :

Chonetes longispina MANSUY.

Orthothetes umbraculum SCHLOTHEIM.

Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.

Leptodomus depressus MANSUY.

β. Au Nord de la Fenêtre de Yen Lac on peut voir deux affleurements appartenant aux formations antérieures aux Schistes à *Spirifer speciosus*.

L'un deux, près de Na Piat, comprenant comme toujours calcaires et schistes, m'a donné :

Spirifer cf. *crispus* HISINGER, dans les schistes.

Favosites cf. *gothlandicus* LAMARCK, dans les calcaires.

Ce gisement est en contact direct avec des calcaires eiféliens à *Alveolites*.

(1) Ce gisement est signalé par M. GIRAUD (8 p. 24).

L'autre affleurement, également très réduit, situé sur un petit col près de Na Koum (quelques kilomètres au Nord de Yen Lac) m'a fourni :

Favosites gothlandicus LAMARCK.

Heliolites megastoma M. E. et H.

Ce dernier affleurement est en contact avec des schistes, calcschistes et calcaires eiféliens dont il ne se sépare pas pétrographiquement.

γ. Un peu à l'Est de Na Yan (route de Na Ri à Pho Binh Gia, feuille de Pho Binh Gia) M. GIRAUD [19 p. 11] signale :

Dictyonema sp.

Climacograptus cf. *scalaris* HISINGER.

Orthis sp.

J'ai retrouvé le gisement à *Graptolithes* signalé par M. GIRAUD, gisement situé dans une très mince bande de schistes noirs tachés de bleu, à plans de clivage vermillon.

Au contact même de ces schistes, d'autres schistes argileux, terreux, de teinte jaune m'ont fourni :

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

C'est probablement dans le même horizon que M. GIRAUD signale :

Orthis cf. *testudinaria* DALMAN.

Leptaena cf. *rhomboidalis* WILCKENS.

δ. Au col du Deo Ro, près de la mine du même nom, M. MANSUY décrit [43 p. 28] un *Spirifer* voisin de :

Spirifer plicatellus LINNE.

J'ai recueilli là un *Strophomena*.

M. GIRAUD donne de cette région une coupe caractérisée par la présence de deux niveaux à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, var. *Spirifer tonkinensis* MANSUY.

Nous reproduisons les listes de M. GIRAUD [19 p. 33], listes qui nous serviront dans notre discussion ultérieure.

Spirifer tonkinensis MANSUY.

(= *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM).

Sp. dongvanensis MANSUY.

Sp. cf. *plicatellus* LINNE.

} partie inférieure.

<i>Spirifer bijugosus</i> M' COY.	}	au sommet.
<i>Sp. cf. plicatellus</i> LINNE.		
<i>Rafinesquina</i> sp.		
<i>Favosites</i> sp.		

Ces deux faunes, inférieures aux schistes du Deo Ro à *Spirifer tonkinensis* MANSUY, sont associées à :

Favosites cf. *gothlandicus* LAMARCK.

MANSUY signale également dans la même région [43 p. 32]

Spirifer bijugosus MAC COY.

Strophomena bacsonensis MANSUY.

— *Deprati* MANSUY.

**B. — Zone à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM et étages du
Dévonien supérieurs à cette zone.**

Les régions de Ban Cra (feuille de Ha Lang), de Yen Lac (feuille de That Khe) et de Phieng Dia (feuille de Cao Bang), vont nous permettre d'établir diverses coupes du Dévonien du Tonkin et de définir des horizons que nous appuierons en même temps de quelques listes de fossiles, avant de discuter l'âge des diverses zones.

a. Région de Ban Cra (Dôme du Bong Son).

Les deux coupes ci-dessous passant, l'une par Ban Cra et l'autre par Bo Da, donnent une série assez complète du Dévonien moyen et supérieur dans la zone autochtone de l'Est de Cao Bang.

La coupe de la région de Ban Cra nous montre la succession suivante :

Sur la Série du Bong Son reposent des schistes verts, roses par altération, parfois un peu gréseux, plus rarement micacés, (horizon 2).

Le long de la route de Ban Gioc à Ban Cra ces schistes m'ont fourni près de Na Quan la faune suivante :

Combophyllum Brancai FRECH.

Favosites sp.

Fenestella sp.

Chonetes sp. aff. *Ch. striatella* DALMAN.

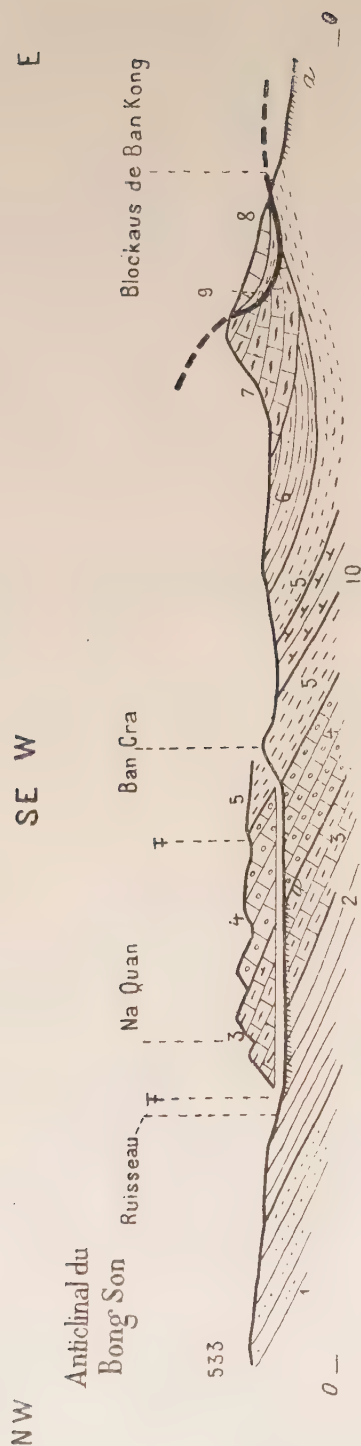
Leptaena rhomboidalis WILCKENS.

Stropheodonta annamitica MANSUY.

Atrypa reticularis LINNE.

Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.

Spirifer dongvanensis MANSUY.



Echelle 1:50.000^e

FIG. 4. Coupe de la région de Ban Cra.

LÉGENDE: 1. Grès du Bong Son. — 2. Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. — 3. Calcaires noirs eiféliens. — 4. Série de calcaires roses avec, au sommet, des calcaires à phanites et des calcaires à polypiers (Givetien). — 5. Lydiennes. — 6. Schistes roses et jaunes en plaquettes, se chargeant en calcaire au sommet. — 7. Calcaires siliceux laminés, type griottes, avec intercalations des schistes 6. — 8. Calcaires blancs ouralo-permiens. — 9. Brèche à ciment de calcite. — 10. Ophite très altérée. — a. Alluvions.

Proetus sp.
Débris de *Placode mes.*

Ces schistes sont partout fossilifères et ont fourni de nombreuses espèces décrites depuis longtemps par M. MANSUY.

Nous donnons ci-dessous la liste de celles citées par M. MANSUY dans la Zone autochtone de l'Est de Cao Bang [43].

Combophyllum Brancai
FRECH.

Calceola sandalina LAMARCK.

Fenestella sp.

Stropheodonta annamitica MANSUY.

Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.

Spirifer aperturatus SCHLOTHEIM.

Atrypa reticularis LINNE.

Calymmene maloungaensis MANSUY.

Proetus indosinensis MANSUY.

J'ai trouvé en outre dans les divers gisements de cette zone autochtone.

Zaphrentis sp.

Calceola sandalina LAMARCK, var. *acuminata* MANSUY.

Douvillina sp.

Favosites sp.

Chonetes sp., aff. *Ch. striatella* DALMAN.

Orthis?

Plectambonites aff. *yenlacensis* MANSUY.
Orthothetes cf. *umbraculum* SCHLOTHEIM.
Leptaena rhomboidalis WILCKENS.
Stropheodonta corrugatella DAVIDSON.
Stropheodonta orientalis MANSUY.
Rhynchonella cf. *cuboides* SOWERBY.
Atrypa aspera DALMAN.
Retzia ?
Spirifer dongvanensis MANSUY.
Spirifer cf. *Cabedanus* DE VERN. et D'ARCHIAC.
Spirifer cf. *undiferus* ROEMER.
Spirifer cf. *subcuspidatus* SCHLOTHEIM.
Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.
Spirifer cf. *bacbounensis* MANSUY.
Pterinea ?
Débris de *Placodermes*.

Ces schistes supportent des calcaires noirs en bancs nets, plus ou moins dolomitiques surtout à la base. Sur le flanc nord de l'Anticlinal du Bong Son cette assise contient à la base de vraies dolomies très noires, grenues, renfermant tout le long de la route de Trung Khanh Phu à Ban Gioc, de nombreux débris de

Alveolites sp. aff. *A. vermicularis* MAC COY.

Dans la même assise se trouve près de Na Giao (flanc nord de l'Anticlinal du Bong Son) des bancs massifs où j'ai recueilli [MANSUY, 44, p. 10] :

Syringopora halangensis MANSUY.
Actinostroma cf. *perspicuum* PÖCKL.
Atrypa reticularis LINNÉ.

Aux environs de Ha Lang les bancs calcaires de la base contiennent :

Atrypa aspera DALMAN.

En divers points du Sud de l'Anticlinal du Bong Son les Schistes à *Spirifer speciosus* se chargent en calcaire et passent aux calcaires dolomitiques ; les bancs calcaires inférieurs fournissent en divers points :

Spirifer speciosus SCHLOTHEIM.

Entre ces bancs marneux et les calcaires dolomitiques existent souvent des calcschistes ou des calcaires noirs en lames très minces.

Au-dessus vient une épaisse série de calcaires très noirs, à grain très fin, siliceux, avec lames de phanites et phanites en galets (Photographie C, Pl. III). Cette assise admet souvent en divers points des bancs renfermant de très nombreux polypiers, toujours en très mauvais état de conservation.

Près de Ban Cra un de ces bancs m'a fourni :

Cyathophyllum cf. *Bouchardi* M. E. et H.

Favosites sp.

Alveolites cf. *ramosa* RÖMER.

Alveolites sp.

Actinostroma cf. *contextum* PÖCKL.

Sur la coupe Fig. 4, p. 80, ces calcaires à phtanites supportent une importante assise de lydiennes sans fossiles (5). Nous verrons dans d'autres régions que ces lydiennes, identiques aux phtanites des calcaires, occupent dans ces calcaires un niveau quelconque ; elles renferment parfois de minces bancs dolomitiques et des cargneules ; elles peuvent prendre plus d'importance que les calcaires eux-mêmes. Nous avons donné à l'ensemble des calcaires à phtanites et des lydiennes le nom de Série de Ha Lang, parce que cette formation occupe la majeure partie du Pays de Ha Lang, auquel elle donne sa physionomie.

Dans la région de Ha Lang les calcaires ont fourni en divers points :

Gyroceras halangense MANSUY.

Près de Trung Khanh Phu, ils renferment :

Hadrophyllum sp.

Suivant la coupe de Ban Cra, sur les lydiennes de la Série de Ha Lang viennent des schistes argileux en plaquettes (6), sans fossiles dans cette région. Ces schistes verts ou roses, se chargent en calcaire à leur sommet et passent à une formation que nous ne connaissons que très laminée (7) : elle comprend des roches se présentant sous forme d'amandes allongées de calcaires colorés, roses, jaunes, blancs, séparés par de minces filets de schistes très siliceux ; cette roche rappelle les Calcaires griottes des Pyrénées.

Les Calcaires griottes ne nous ont jamais donné aucun fossile ; les schistes en plaquettes inférieurs nous ont fourni dans d'autres régions des Ptéropodes.

Les Griottes de la coupe Fig. 4 sont écrasées par une masse de calcaires clairs appartenant à l'Ouralo-permien.

La coupe Fig. 5 passant par Bo Da nous montre aussi la Série du Bong Son, les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, les calcaires noirs dolomitiques et la Série de Ha Lang. Mais entre la Série de Ha Lang et les Calcaires noirs dolomitiques existe ici une zone de calcaires noirs ne différant pas pétrographiquement des Calcaires dolomitiques et dont le grand intérêt est de nous avoir fourni des débris de

Stringocephalus Burtini DEFANCE.

Signalons tout de suite que, au Nord-Ouest de Trung Khanh Phu, des calcaires à *Stringocephalus Burtini* ont, au contraire, le faciès pétrographique des Calcaires de la Série de Ha Lang qui les recouvrent.

Ainsi la Zone autochtone des Ba Chau nous donne la série suivante, de haut en bas :

Ouralo-permien.

Calcaires griottes.

Schistes en plaquettes à Ptéropodes.

Série de Ha Lang { Complexe de lydiennes avec cargneules et de calcaires à
phtanites avec bancs de calcaires à Polypiers.

Calcaires à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE.

Calcaires plus ou moins dolomitiques avec bancs de dolomies et récifs à *Stromatoporidae*.

Bancs de calcaire marneux à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Série du Bong Son.

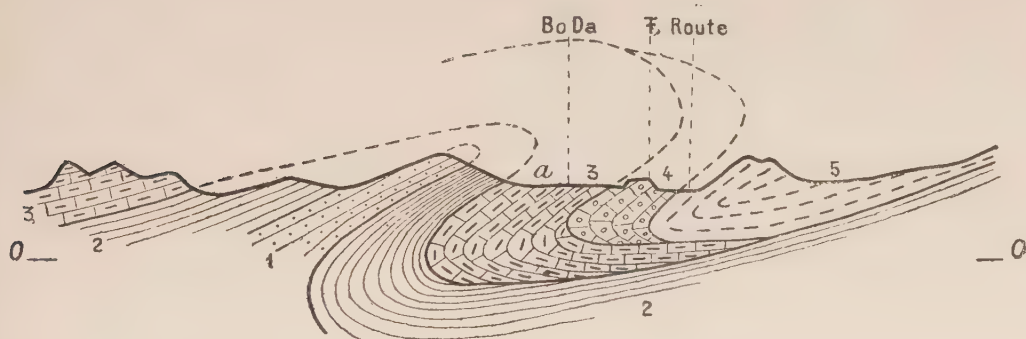
S

N

Synclinal
de Tu My

+ Anticlinal du Nui Khan Pung

+ Dome de Na Man



Echelle: 1:50.000^e

FIG. 5. — Coupe de l'Anticlinal du Nui Khan Pung, par Bo Da.

LÉGENDE : 1. Grès et quartzites. — 2. Schistes eiféliens. — 3. Calcaires noirs et dolomies eiféliens.
— 4. Calcaires dolomitiques givétiens à *Stringocephalus Burtini*. — 5. Série de Ha Lang.

b. Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac.

Nous avons eu l'occasion de donner à titre de comparaison, en étudiant les terrains inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, deux ou trois listes de fossiles appartenant à ces Schistes.

On trouvera ci-dessous la liste complète des fossiles de cet horizon provenant de la Fenêtre de Yen Lac. Mais nous ferons remarquer au préalable que, dans la

Fenêtre de Yen Lac, les calcaires à polypiers forment des récifs discontinus à tous les niveaux des Schistes à *Spirifer speciosus*. Nous ne séparerons donc pas ici, comme nous l'avons fait dans la région de Ban Cra, un horizon calcaire distinct, supérieur à l'horizon à *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM, bien que cet horizon, débutant parfois par des calcschistes, existe fréquemment.

La liste ci-dessous comprend les fossiles recueillis tant dans les schistes que dans les calcaires qui leur sont subordonnés.

- Calceola sandalina* LAMARCK.
- var. *acuminata* MANSUY.
- Heliolites porosa* M. E. et H.
- Favosites Goldfussi* D'ORBIGNY.
- Favosites* cf. *cervicornis* M. E. et H.
- Alveolites* sp.
- Monotrypa* cf. *sphaerica* HALL.
- Fenestella* sp.
- Orthis* sp.
- Stropheodonta orientalis* MANSUY.
- Strophonella inversa* MANSUY.
- Orthothetes umbraculum* SCHLOTHEIM.
- Chonetes* cf. *lepisma* SOWERBY.
- cf. *striatella* DALMAN.
- cf. *hardrensis* PHILLIPS.
- *longispina* MANSUY.
- cf. *margaritacea* WHIDBORNE.
- Conchidium* sp.
- Rhynchonella (Uncinulus)* cf. *cuboides* SOWERBY.
- Modiolopsis* ?
- Atrypa reticularis* LINNE.
- Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.
- Sp.* cf. *bifidus* RÖMER.
- Sp.* aff. *sikaensis* MANSUY.
- Leptodomus depressus* MANSUY.
- Glossites* sp.
- Paracyclas* cf. *lirata* HALL.
- Coleolus* cf. *crenatocinctum* HALL.
- Proetus indosinensis* MANSUY.
- *namanensis* MANSUY.
- Cyphaspis Giraudi* MANSUY.
- Calymmene maloungaensis* MANSUY.

Toutes les espèces de cette liste se trouvent associées, soit à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, soit à *Calceola sandalina* LAMARCK, sauf les anthozoaires autres que

Calceola sandalina. Mais ces anthozoaires ont été recueillis dans des bancs calcaires au milieu des Schistes à *Spirifer* et sont incontestablement du même âge

Les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM de la Fenêtre de Yen Lac occupent une longue bande nord-nord-est—sud-sud-ouest.

Ces Schistes supportent une épaisse formation de lydiennes, avec quelques bancs calcaires intercalés, de plus de 1000 m. d'épaisseur.

On la voit mal à l'Ouest de Yen Lac, sur la route de Yen Lac à Ngan Son, où elle est en partie recouverte par un lambeau des Schistes du Song Hiem.

Mais plus au Sud cet ensemble forme à l'Ouest de la vallée du Song Na Ri, une ligne de crêtes traversée par quelques chemins suivant lesquels il est facile de l'étudier. Nous n'y connaissons aucun fossile.

Ces lydiennes présentent parfois à leur base des calcaires à phtanites identiques aux Calcaires de Ha Lang. Des bancs de ces calcaires sont visibles notamment à l'Ouest de Yen Lac dans le lit d'un petit ruisseau, affluent de la rive gauche du Song Bac Giang.

Les lydiennes de la région de Yen Lac sont identiques à celles de la région de Ban Cra.

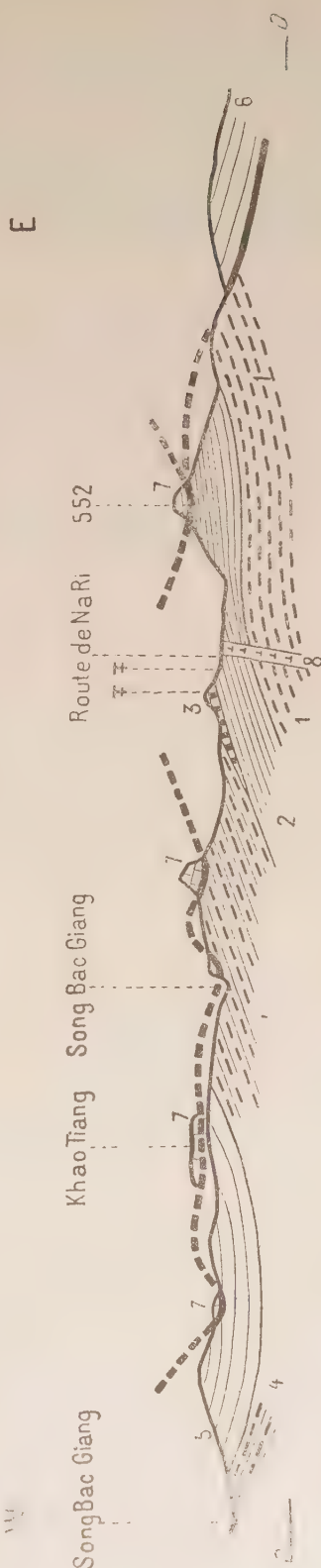
La coupe ci-contre, Fig 6, prise au Sud de Yen Lac, va nous montrer les relations simples existant entre les divers termes stratigraphiques de la région de Yen Lac, soit de haut en bas :

Série de Pa Pei

Série de Ha Lang (lydiennes)

Schistes et calcaires à *Spirifer speciosus*.

Série de Na Man.



Echelle : 1 30 000 environ

FIG. 6. — Coupe est-ouest relevée à 3 kilomètres au Sud de Yen Lac.

LÉGENDE : 1. Série de Na Man à *Spirifer* cf. *crispus* HISINGER. — 2. Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM avec bancs de calcaires noirs à Polyptères. — 3. Calcaires à Polyptères. — 4. Lydiennes avec bancs de calcaires à phtanites. — 5. Série de Pa Pei. — 6. Schistes du Song Hiem. — 7. Calcaires ouralo-permiens. — 8. Roches vertes.

Cette coupe est suffisamment nette pour ne pas nécessiter d'explication.

La série de Pa Pei est un complexe schisto-calcaire d'un faciès assez spécial. Elle a fourni en divers point de nombreux fossiles.

Nous croyons utile d'en donner ci-dessous une coupe plus détaillée (Fig. 7), coupe qui n'est autre que la reproduction à une échelle plus lisible de la partie occidentale de la coupe précédente. La superposition des terrains décrits est très nettement visible au col, au Nord de Kouei Vat, à six kilomètres au Nord-Ouest de Yen Lac (1).

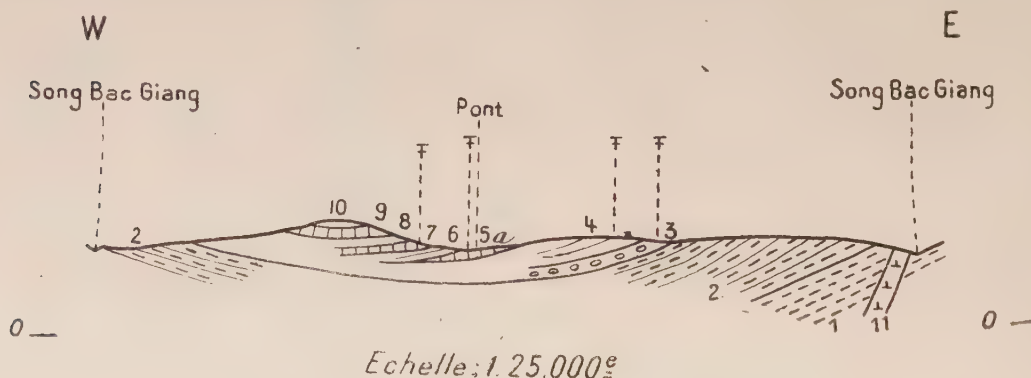


FIG. 7. — Détail de la partie ouest de la coupe Fig. 6.

LÉGENDE : 1. Lydiennes noires, charbonneuses. — 2. Lydiennes zonées de la série de Ha Lang. — 3. Schistes argileux avec rognons de calcaires à polypiers. — 4. Schistes argileux très altérés (terreux). — 5. Marnes et calcaires marneux. — 6. Schistes verts, roses par altération, argileux. — 7. Bancs de calcaires marneux avec rognons de calcaires noirs. — 8. Marnes noires assez dures. — 9. Bancs de calcaires marneux froissés à liserés de schistes roses. — 10. Calcaires noirs en grandes dalles avec schistes. — 11. Roches vertes.

La route de Yen Lac à Ngan Son, après avoir quitté le Song Bac Giang, à 6 kilomètres au Sud-Ouest de Yen Lac, monte sur une croupe entourée au Sud par le fleuve.

La montée débute dans des lydiennes qui, à la base, sont charbonneuses. Plus haut ce sont des lydiennes zonées identiques à celles de Ban Cra. Elles supportent une série de schistes renfermant à leur base des rognons de calcaires noirs (3). Ces rognons m'ont donné :

Favosites cf. *Goldfussi* D'ORBIGNY.

— cf. *helderbergiae* HALL.

Amplexus cf. *distans* LINDSTROM.

Les schistes (4) ne m'ont fourni que de très mauvais fossiles inutilisables, probablement des *Orthothetes*.

(1) Cette coupe est relevée au même point que celle figurée par M. GIRAUD. [19 p. 25].

La route traverse ensuite une dépression remplie par des alluvions avec nombreux débris de schistes (5), de calcschistes et de marnes calcaires appartenant sans doute à l'assise suivante. Un peu plus au Sud, dans le ravin, ces schistes supportent un rocher de calcaire blanc dans lequel le microscope nous a montré de mauvais débris de Fusulinidés.

Près du pont, les schistes et calcschistes m'ont fourni :

Rhynchonella cf. *letiensis* GOSSELET.

Leiorhynchus sp.

L'horizon 6 ne nous a fourni que des fossiles indéterminables.

Au-dessus, quelques bancs de calcaires marneux (7) montrent des moules impossibles à dégager de grandes rhynchonelles, et *Spirifer Bourreti* MANSUY. Pétrographiquement, ces calcaires ne diffèrent pas de certains débris recueillis au pont (5). Je pense que c'est dans ces bancs que M. GIRAUD [19, p. 25] signale des *Atrypa reticularis* de grande taille.

L'horizon 8 est formé de marnes noires assez dures dans lesquelles aucun fossile n'a été trouvé.

Au-dessus vient un complexe très froissé (9) de calcaire marneux noir à grain très fin avec schistes. Les calcaires admettent de minces liserés de schistes.

Enfin, au col même, des schistes plus ou moins argileux renferment des bancs de calcaires bleus ou noirs, souvent en grandes dalles (10). Près du col ces calcaires, qui ne diffèrent pas comme pâte de ceux de l'assise 3, m'ont fourni des Favositidés.

L'ensemble des assises 3 à 10 n'atteint pas 500 m. d'épaisseur. Il n'est possible de faire dans cet ensemble aucune coupure. Les bancs calcaires sont discontinus, et, à l'Ouest du col, on retrouve une série de niveaux qui, bien qu'appartenant au même ensemble et formant le flanc ouest d'un synclinal dont les horizons que nous venons de décrire forment le flanc est, n'est pas absolument identique à la série précédente.

Les fossiles que j'ai recueillis sur ce flanc ouest n'ont pu, étant donné leur état de conservation, être déterminés. Mais M. GIRAUD signale [19, p. 25] sur ce versant la faune suivante discutée par M. MANSUY [43, p. 62] :

Rhynchonella cf. *sphaerica* SOWERBY.

Leiorhynchus sp.

Athyris concentrica v. BUCH.

La même série peut être étudiée plus au Sud, sur la rive gauche du Song Na Ri, où elle n'est pas plus épaisse. C'est toujours un complexe de schistes avec bancs de calcaires plus ou moins marneux, dans lequel le Commandant ZEIL a signalé à Pa Pei une faune à Rhynchonelles [MANSUY, 43, p. 62] :

Orthothetes umbraculum SCHLOTHEIM.

Spirifer cf. *undiferus* RÖMER.

Rhynchonella yunnanensis de KONINCK.

Rh. procuboides KAYSER.

Tentaculites cf. *subcochleatus*.

La région de Pa Pei m'a fourni également :

Rhynchonella cf. *letiensis* GOSSELET.
Uncinulus cuboides SOWERBY.
Styliola.
Modiolopsis sp. aff. *M. pupa* BARRANDE.

Légèrement au Sud de Pa Pei, une coupe parallèle à la précédente a fourni à M. GIRAUD :

Modiolopsis prosinuata MANSUY.
Hyolites sp.
Lingula cf. *Sysmondi* SALTER.

J'y ai recueilli de petits lamellibranches rappelant *Sanguinolites* ou *Modiomorpha*.

Les calcaires et schistes de Pa Pei, comme ceux que nous avons décrits à l'Ouest de Yen Lac, reposent en concordance sur l'horizon des lydiennes.

Il n'est pas possible, comme nous l'avons dit plus haut, de faire des coupures dans cette Série peu épaisse de Pa Pei.

Nous donnons ci-dessous la liste des fossiles recueillis dans la Série de Pa Pei :

Favosites cf. *Goldfussi* D'ORBIGNY.
Favosites cf. *heldbergiae* HALL.
Amplexus cf. *distans* LINDSTROM.
Lingula cf. *Sysmondi* SALTER.
Orthothetes umbraculum SCHLOTHEIM.
Leiorhynchus sp.
— cf. *globuliformis* VANUXEM.
Rhynchonella procuboides KAYSER.
Rh. var. *lungtungpeensis* KAYSER (1).
Rhynchonella cf. *sphaerica* SOWERBY.
— cf. *yunnanensis* DE KONINCK.
— *yunnanensis* DE KONINCK.
— cf. *parallelipeda* BRONN.
Uncinulus cuboides SOWERBY.
Atrypa reticularis LINNE.
Athyris concentrica v. BUCH.
Spirifer cf. *undiferus* RÖMER.
— *Bourreti* MANSUY.
Modiolopsis aff. *M. pupa* BARRANDE.
— *caobangensis* MANSUY.
Sanguinolites sp.

(1) Origine précise inconnue.

Hyolites sp.

Styliola aff. *clavulus* BARRANDE.

Tentaculites cf. *subcochleatum*.

Dans la Fenêtre de Yen Lac la série de Pa Pei supporte les Schistes charriés du Song Hiem.

c. *Schistes et calcaires de Phieng Dia (feuille de Cao Bang).*

C'est un ensemble de schistes avec lames de calcaires noirs très froissés qui paraît en fenêtre sous les Schistes du Song Hiem à l'Ouest de Cao Bang.

Les calcaires, qui présentent souvent des plans de friction rouges, sont tantôt des calcaires spathiques bleus, tantôt des calcaires plus ou moins marneux et siliceux ; ils sont parfois écrasés et forment de véritables brèches comme au voisinage du Khau Leu. Ces lames calcaires sont discontinues comme dans la Fenêtre de Yen Lac.

Il semble qu'un seul horizon, que la route de Cao Bang à Nguyen Binh suit en direction, soit fossilifère. M. JACOB et moi avons trouvé dans cette bande deux gisements qui nous ont donné une faune assez importante.

A Phieng Dia nous avons recueilli dans des calcaires marneux :

Spirifer Bourreti MANSUY.

Athyris globularis MANSUY.

Rhynchonella letiensis GOSSELET,

mut. *orientalis* MANSUY.

Rhynchonella cf. *Omaliusi* GOSSELET.

Paracyclas sp.

Le deuxième gisement situé plus à l'Ouest nous a fourni près de Na Bao, dans de minces lits de schistes entre les lames calcaires :

Actinopteria subdecussata HALL.

Spirifer Bourreti MANSUY.

Spirifer sp.

Paracyclas sp.

La même bande m'a fourni depuis en divers points les fossiles suivants :

Polypier tétracoralliaire

Lingula ?

Actinopteria subdecussata HALL.

Spirifer Bourreti MANSUY.

Spirifer aff. *Sp. Cabedanus* VERNEUIL et D'ARCHIAC

Spiriferina ? *cristata* SCHLOTHEIM.

Rhynchonella letiensis GOSSELET,

mut. *orientalis* MANSUY.

3. — DISCUSSION DES LISTES DE FOSSILES

Nous allons discuter maintenant la valeur stratigraphique individuelle des fossiles pour éliminer tous ceux qui ne peuvent donner une indication sérieuse, et comparer les diverses listes.

Nous suivrons dans notre discussion l'ordre ascendant des séries ; nous répéterons encore ici que les schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM sont eiféliens ; nous les considérons même comme appartenant à la moitié supérieure de l'Eifélien.

A. — Terrains inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHL.

Nous donnons ci-contre un tableau de tous les fossiles recueillis dans des horizons inférieurs à celui des Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

La première colonne de ce tableau comporte seulement des fossiles cantonnés dans le Silurien (1).

Nous mettons dans la deuxième colonne les fossiles à grande extension et ceux qui sont insuffisamment déterminés pour donner une indication stratigraphique précise.

La troisième colonne comprendra les espèces nouvelles.

Nous n'insistons pas sur les fossiles de la deuxième colonne. Nous signalerons seulement qu'un *Amplexus* identique à celui de Yen Lac a été trouvé par moi à la base du Dévonien supérieur (2) et que *Orthothes cf. pecten* existe dans la faune à *Sp. speciosus*.

Spirifer speciosus a été signalé [GIRAUD 19, p. 33] dans le gisement du Deo Ro, d'où provient *Sp. cf. plicatellus* LINNE.

De même nous avons également récolté le même *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM dans les schistes de Pac Giai près du Pia Oac où M. MANSUY signale, d'ailleurs avec doute, *Streptorhynchus sarmentosus* M'COY.

Les fossiles nouvellement décrits par M. MANSUY dans le Nord-Est du Tonkin nous retiendront davantage et nous les discuterons successivement.

Plectambonites yenlacensis MANSUY,

est signalé par M. GIRAUD (3) sur le versant nord de la butte de Mo Len où il est associé à

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

et *Rafinesquina Douvillei* MANSUY.

(1) Nous mettons dans cette première colonne le *Spirifer crispus* HISINGER, qui va servir plus loin de base à une discussion, mais nous rappelons que le *Spirifer* trouvé au Tonkin n'est pas l'espèce d'HISINGER. Voir note infrapaginale, page 70.

(2) L'*Amplexus* mentionné sur la liste ci-contre provient des environs de Yen Lac, sans autre spécification. Il n'est pas impossible que son gisement ne soit déjà éloigné des schistes proprement dits de Yen Lac.

(3) M. JACOB et moi avons trouvé à Ban Lang, près de Tra Linh (Zone autochtone primaire de l'Est de Cao Bang) un *Plectambonites* se rapprochant de *P. yenlacensis* MANSUY et de *P. transversalis* DALMAN, du *Niagara group*, associé à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM et *Stropheodonta annamitica* MANSUY, incontestablement eiféliens.

FOSSILES CARACTÉRISTIQUES	FOSSILES NON CARACTÉRISTIQUES PAR SUITE DE LEUR EXTENSION OU DU DOUTE RESTANT SUR LEUR ATTRIBUTION SPÉCIFIQUE (MAUVAISE CONSERVATION, ETC...)	FOSSILES NOUVEAUX
<i>Favosites gothlandicus</i> LAMARCK. <i>Climacograptus cf. scalaris</i> HISINGER. <i>Orthis testudinaria</i> DALMAN. <i>Spirifer bijugosus</i> M'COY. <i>Sp. crispus</i> HISINGER. <i>Spirifer sulcatus</i> HISINGER.	<i>Heliolites megastoma</i> M. E. et H. <i>H. decipiens</i> M'COY. <i>Cyathophyllum</i> sp. <i>Amplexus cf. distans</i> LINDSTROM. <i>Aulacophyllum</i>. <i>Zaphrentis</i>. <i>Favosites cf. Forbesi</i> M. E. et H. <i>Pleurodictyum</i> ? <i>Alveolites</i> sp. <i>Monticulipora Bowerbanki</i> M. E. et H. <i>Dictyonema</i> sp. <i>Orthis cf. testudinaria</i> DALMAN. <i>Orthis</i> sp. <i>Leptaena cf. rhomboidalis</i> WILCKENS. <i>Orthothetes cf. pecten</i> LINNE. <i>Streptorhynchus</i> ? cf. <i>sarmentosus</i> M'COY. <i>Chonetes cf. striatella</i> DALMAN. <i>Spirifer</i> sp. <i>Spirifer aff. speciosus</i> SCHLOTHEIM. <i>Spirifer cf. plicatellus</i> LINNE.	<i>Plectambonites yencensis</i> MANSUY. <i>Rafinesquina Douvillei</i> MANSUY. <i>Strophomena bacsonensis</i> MANSUY. <i>Str. Deprati</i> MANSUY. <i>Orthothetes (Hipparionyx) Lantenoisi</i> MANSUY. <i>Chonetes Lantenoisi</i> MANSUY. <i>Ch. Zeili</i> MANSUY. <i>Ch. Lacroixi</i> MANSUY. <i>Ch. aff. longispina</i> MANSUY. <i>Strophonella inversa</i> MANSUY. <i>Proetus namanensis</i> MANSUY.

Ces schistes (assise 12 de notre coupe Fig. 3, p. 73) nous ont fourni *Calceola sandalina* LAMARCK.

Par conséquent, malgré ses affinités avec *Leptaena youngiana* DAV. du Llandeilo, cette espèce ne saurait être considérée comme caractéristique du Silurien. Il en est de même de *Rafinesquina Douvillei* MANSUY, également associé à *Calceola sandalina*.

Orthothetes Lantenoisi MANSUY et *Chonetes Zeili*, rencontrés uniquement dans les schistes de Pien Doc, à affinités dévoniennes, n'offrent pas ici d'intérêt spécial. L'horizon qui contient ces espèces ne paraît guère inférieur aux schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Chonetes Lantenoisi MANSUY a été rencontré un peu partout :

associé à *Spirifer crispus* HISINGER, *Rafinesquina Douvillei* MANSUY, *Proetus namanensis* MANSUY (Assise 8 de la coupe de Na Man);

associé à *Proetus namanensis* MANSUY, *Spirifer* sp. voisin de *Sp. speciosus* (Assise 10 de la même coupe);

associé à la faune de l'assise 12 avec *Calceola sandalina* LAMARCK;

associé à *Spirifer crispus* HISINGER dans les schistes de Ban Lua.

Nous l'avons trouvé enfin dans des couches à peine supérieures aux schistes à *Climacograptus*.

Il semble donc que *Chonetes Lantenoisi* MANSUY dont les affinités avec *Ch. minuta* GOLDF. (Eifélien) sont dévoniennes, ait une assez grande extension verticale, du Gothlandien à l'Eifélien.

A Van Linh, M. GIRAUD signale l'association de *Chonetes Lacroixi* MANSUY avec *Spirifer tonkinensis* et *Sp. cf. bijugosus*.

Chonetes longispina MANSUY se trouve à 2 kilomètres au Sud de Yen Lac avec *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM

Strophonella inversa MANSUY a été trouvé par moi dans les deux gisements de la butte de Mo Len, associé :

à Mo Len même, au Sud de la butte à :

Chonetes Lantenoisi MANSUY.
et *Proetus namanensis* MANSUY.

à Na Duoi, au Nord de la butte, à *Calceola sandalina*.

Enfin, *Proetus namanensis* MANSUY coexiste avec les fossiles suivants :

Assise 2	{	<i>Chonetes</i> aff. <i>longispina</i> MANSUY.
de Na Man.		<i>Spirifer crispus</i> HISINGER.
		<i>Sp.</i> aff. <i>speciosus</i> SCHLOTHEIM.

Assise 8 de Na Man.	{	<i>Chonetes Lantenoisi</i> MANSUY. <i>Spirifer crispus</i> HISINGER. <i>Rafinesquina Douvillei</i> MANSUY.
Assise 10 de Na Man.	{	<i>Chonetes Lantenoisi</i> MANSUY. <i>Strophonella inversa</i> MANSUY. <i>Spirifer</i> sp. (aff. <i>speciosus</i>) SCHLOTHEIM.

au Sud de Yen Lac avec *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Si nous résumons, les terrains inférieurs aux schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM ont fourni onze espèces nouvelles sur lesquelles les huit espèces suivantes, attribuées au Gothlandien par M. MANSUY, existent associées soit à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, soit à *Calceola sandalina* LAMARCK.

Plectambonites yenlacensis.
Rafinesquina Douvillei.
Strophomena bacsonensis.
Strophomena Deprati.
Chonetes Lacroixi.
Chonetes longispina.
Strophonella inversa.
Proetus namanensis.

Deux autres espèces trouvées en une seule localité appartiennent au Dévonien
Ce sont :

Orthothetes Lantenoisi MANSUY.
et *Chonetes Zeili* MANSUY.

La onzième espèce, *Chonetes Lantenoisi* MANSUY, paraît avoir une extension assez considérable ; elle se rencontre fréquemment avec les espèces précédentes ; nous ne l'avons pas trouvée associée à des fossiles eiféliens caractéristiques ; ses affinités avec *Chonetes minuta* GOLDFUSS la placeraient dans l'Eifélien. Mais nous connaissons aussi cette espèce au voisinage de Gothlandien certain.

Nous allons discuter maintenant les fossiles de la première colonne de notre tableau :

Climacograptus cf. *scalaris* HISINGER est incontestablement gothlandien. C'est donc au Gothlandien qu'il faut attribuer aussi les *Dictyonema* spécifiquement indéterminables trouvés avec lui, ainsi que la petite faune qui repose directement sur les schistes à Graptolithes et qui contient :

Orthis cf. *testudinaria* DALMAN.
Leptaena cf. *rhomboidalis* WILCKENS.
Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Favosites gothlandicus LAMARCK ne nous paraît pas devoir être considéré comme un bon fossile caractéristique. Il est très difficile à distinguer du *F. Goldfussi* D'ORB. du Dévonien, étant donné surtout l'état du calcaire dans lequel on le trouve.

Le *Spirifer* signalé comme étant le *Spirifer bijugosus* a été trouvé au Deo Ro dans des couches qui, au-dessus et au-dessous de l'horizon à *Sp. bijugosus*, contiennent *Spirifer tonkinensis* MANSUY, mut. de *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM [19, p. 33].

A Van Linh et à Mo Nhài un *Spirifer* cf. *bijugosus* est associé à *Sp. speciosus* [GIRAUD 19, pp. 32-33].

Orthis testudinaria DALMAN (qui s'étend en Angleterre du Llandeilo au Llandovery) existe à l'Est de Yen Lac associée à *Spirifer crispus* HISINGER et à toute une faune dont les éléments ont été tous rencontrés (sauf *Sp. crispus*) avec la faune à *Spirifer speciosus*.

Près de Na Che, au Nord de la Fenêtre de Yen Lac, *Orthis testudinaria* existe avec *Spirifer* cf. *tonkinensis* MANSUY et *Pterinea mieleensis* MANSUY. Ce dernier est l'un des fossiles les plus caractéristiques de l'Eifélien du Tonkin.

Sur une liste de 37 fossiles il nous reste donc seulement deux espèces :

Climacograptus cf. *scalaris* HISINGER.

Spirifer crispus HISINGER. •

d'une valeur stratigraphique incontestable et n'ayant pas été trouvées associées à une faune eifélienne. Seuls ces fossiles semblent pouvoir démontrer l'existence du Gothlandien dans le Nord-Est du Tonkin, si l'on se base exclusivement sur l'argument paléontologique (1).

Nous allons maintenant examiner la position stratigraphique des horizons qui contiennent ces fossiles.

a. — *Schistes à Climacograptus scalaris* HISINGER.

Ces schistes décrits par M. GIRAUD, [19 p. 11] et que j'ai eu l'occasion de revoir, paraissent en boutonnière sous les Schistes charriés du Song Hiem. Ils supportent vers l'Est une série dévonienne particulièrement froissée, série très incomplète où les suppressions paraissent fréquentes. Ici, l'argument stratigraphique est insuffisant pour conclure. On peut dire seulement :

1° que les Schistes à *Climacograptus* occupent stratigraphiquement la formation la plus basse de la fenêtre, en dessous du Dévonien ;

2° que des suppressions de série ne permettent pas de relier ces Schistes à des formations dévoniennes connues par une échelle stratigraphique complète, en ce qui concerne les terrains visibles dans la fenêtre ;

3° vers le Nord les relations de ces Schistes à *Climacograptus* avec les terrains de la Fenêtre de Yen Lac sont masquées par les Schistes charriés du Song Hiem ;

4° le genre *Climacograptus* est suffisamment caractéristique pour permettre d'attribuer au Silurien les couches qui le contiennent. Ce genre ne peut-être confondu avec aucun autre, même en tenant compte du mauvais état des fossiles.

(1) Réserve faite de l'erreur de détermination de *Spirifer crispus*.

Nous concluerons donc en admettant l'attribution faite par MM. GIRAUD et MANSUY, des Schistes inférieurs de l'Est de Na Yan, au Gothlandien.

b. — *Région de Yen Lac et de Na Man.*

Nous discuterons d'abord l'affleurement important de Na Man ; les résultats de cette discussion s'étendront sans difficulté aux autres affleurements analogues de la Fenêtre de Yen Lac.

La coupe de la Fig. 3, p. 73, nous montre, sous des schistes appartenant par leur faune, sans discussion possible, à l'horizon à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, une série assez importante, (niveaux de 1 à 10) caractérisée par la présence fréquente des fossiles suivants à divers niveaux.

Spirifer crispus HISINGER.

Chonetes Lantenoisi MANSUY.

Proetus namanensis MANSUY.

Nous avons admis une extension verticale assez considérable de *Chonetes Lantenoisi* MANSUY que nous ne pouvons considérer comme bon fossile caractéristique.

En revanche *Proetus namanensis* MANSUY n'est associé à aucun fossile caractéristique du Gothlandien ou même du Dévonien inférieur, si ce n'est *Spirifer crispus*.

La série schisto-calcaire de Na Man, inférieure à l'horizon eifélien de Na Duoi, ne permet aucune coupure, et les associations qu'on y rencontre dans les diverses assises obligent à considérer ces assises comme des niveaux successifs appartenant à un même étage géologique. Il n'y a pas de variation de la faune de bas en haut de ces niveaux.

De plus, si l'on excepte *Spirifer crispus* (qui dans un niveau tout à fait inférieur de la Série de Na Man, niveau 2, coexiste avec *Sp. aff. speciosus* SCHLOTHEIM) toute la faune des Schistes de Na Man est à affinités eiféliennes et chacun de ses éléments a été rencontré avec des éléments caractéristiques de la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Enfin, les Schistes eiféliens à *Calceola sandalina* de Na Duoi reposent en concordance sur les schistes de Mo Len à :

Chonetes Lantensis MANSUY.

Proetus namanensis MANSUY

Spirifer sp. (aff. *speciosus*) SCHLOTHEIM.

Strophonella inversa MANSUY.

Cette dernière espèce est commune aux deux horizons contigus de Mo Len et de Na Duoi.

Nous estimons, dans ces conditions, que le complexe schisto-calcaire de Na Man, certainement inférieur aux Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, mais en continuité stratigraphique avec ces Schistes, ne peut être attribué qu'à une zone immédiatement inférieure à la zone à *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM, c'est à dire à la *partie inférieure de l'Eifélien*.

Toutes les affinités paléontologiques et les associations de faunes basées sur un assez grand nombre de fossiles confirment cette manière de voir. Seul, *Spirifer crispus* HISINGER est en contradiction formelle avec cette interprétation. Nous croyons devoir conclure, en mettant d'un côté *Spirifer crispus* HISINGER, de l'autre les résultats établis ci-dessus que :

Ou bien *Spirifer crispus* HISINGER s'étend au Tonkin jusqu'à l'Eifélien.

Ou bien le *Spirifer* recueilli dans la Haute Région nord-est du Tonkin n'est pas *Spirifer crispus* HISINGER.

Comme nous l'avons annoncé dans la note infrapaginale (p. 70) le *Spirifer* rapporté à *Sp. crispus* HISINGER n'est pas en réalité l'espèce de HISINGER, et les résultats de M. PATTE, basés sur l'étude des échantillons de ce fossile, confirment notre conclusion.

Les affleurements de la Fenêtre de Yen Lac déjà signalés contiennent les mêmes éléments de faunes que la Série de Na Man, et doivent être rapportés à la même époque.

Pour ce qui est de l'attribution des terrains inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM décrits par nous dans le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, la question devient, faute de fossiles, plus délicate.

Cependant, tous ces terrains sont antérieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM ; ils sont postérieurs aux Schistes de Ban Gioc à « *Spirifer crispus* » HISINGER et *Spirifer sulcatus* HALL, qui ne nous semblent pas devoir être séparés des assises de Na Man.

Aussi inclinons-nous à placer dans la partie inférieure de l'Eifélien les terrains schisto-gréseux que nous avons décrits sous le nom de Série du Bong Son, cette série représentant un faciès gréseux de la Série de Na Man.

B. — Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM

Les Schistes à *Spirifer speciosus* et les calcaires dolomitiques du Massif de l'Est de Cao Bang ainsi que le complexe schisto-calcaire de la Fenêtre de Yen Lac sont incontestablement eiféliens (1). La présence de *Calceola sandalina* LAMARCK et de *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM suffit à établir cette attribution d'âge, confirmée par l'ensemble des listes. Nous serons même plus précis en limitant à la moitié supérieure de l'Eifélien les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, la partie inférieure correspondant à la Série de Na Man.

Une mention spéciale doit être faite de schistes à *Spirifer* cf. *Cabedanus* de VERNEUIL et d'ARCHIAC affleurant dans divers dômes du Pays de Ha Lang.

Nous avons toujours trouvé cette espèce complètement isolée.

La position des schistes qui la contiennent ne nous permet pas d'en faire un horizon différent, dans ces régions, de l'horizon à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

(1) L'attribution à l'Eifélien des Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, actuellement acquise [MANSUY, 43], n'a pas toujours été admise en Indochine [Ch. JACOB et R. BOURRET, 21 p. 33].

C. — Givétien.

Les calcaires à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE sont, d'après ce fossile, givétiens.

L'attribue au Givétien l'épaisse Série de Ha Lang, malgré l'absence de tout fossile caractéristique. Cette Série, d'un faciès très spécial, est en continuité avec la mince bande étirée des calcaires à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE. Aux environs de Bong Cao (à 5 ou 6 kilomètres au Nord-Est de Tra Linh) on peut voir le passage vertical d'un horizon à l'autre.

Dans la Fenêtre de Yen Lac la Série des lydiennes avec bancs de calcaires à phtanites est l'équivalent de la Série de Ha Lang dont elle ne diffère que par la prédominance des lydiennes sur les calcaires. La position stratigraphique des deux séries, au-dessus des Schistes eiféliens, est la même. Les terrains que supporte la Série des lydiennes appartenant, comme nous le verrons tout à l'heure, au Dévonien supérieur, l'attribution au Givétien de la Série des lydiennes de Yen Lac et de la Série de Ha Lang se trouve confirmée.

La limite inférieure du Givétien est facile à préciser paléontologiquement, entre les calcaires noirs dolomitiques et les calcaires à *Stringocephalus*. Sur le terrain la séparation est peu précise en un point (Bo Da) où il y a passage vertical des calcaires dolomitiques aux calcaires à *Stringocephalus*. Partout ailleurs, la superposition directe de la Série de Ha Lang aux calcaires noirs dolomitiques rend facile la délimitation des deux étages ; il en est de même dans la Fenêtre de Yen Lac.

La limite supérieure du Givétien nous a été fixée par la différence de nature lithologique des terrains et par la faune de la Série de Pa Pei, Série bien distincte de la Série des lydiennes.

D. — Dévonien Supérieur.

Sur les vingt trois espèces de la Série de Pa Pei, les trois espèces suivantes seulement semblent suffisamment caractéristiques :

<i>Rhynchonella procuboides</i> KAYSER.	{ Hamilton et	
<i>Rhynchonella procuboides</i> var. <i>lung-</i>		Dévonien
<i>tungpeensis</i> KAYSER		
<i>Rh. cuboides</i> SOWERBY du Frasnien.	supérieur.	

Cette dernière est très caractéristique et permet à elle seule d'attribuer au Dévonien supérieur la Série de Pa Pei. Cette attribution est confirmée par la présence de *Rhynchonella procuboides* KAYSER et d'une autre rhynchonelle abondante :

Rhynchonella cf. *letiensis* GOSSELET.

Un *Leiorhynchus* présente des affinités avec *Leiorhynchus globuliformis* VANUXEM de Hamilton et du Chemung.

Les dix huit autres espèces de fossiles de la Série de Pa Pei, ou bien appartiennent à des espèces à grande extension verticale, ou bien sont insuffisamment connues pour servir de base à une discussion d'âge. Quelques unes se placeraient par leurs affinités dans le Dévonien moyen.

Les schistes et calcaires de Phieng Dia ont donné une dizaine d'espèces :

Rhynchonella letiensis GOSSELET, mut. *orientalis* MANSUY, et *Rhynchonella* cf. *Omaliusi* GOSSELET, semblent devoir faire attribuer au Famennien les schistes et calcaires de Phieng Dia.

Actinopteria subdecussata HALL est de la faune de Hamilton, *Athyris globularis* MANSUY est voisin de *A. vittata* de Hamilton.

Spirifer Bourreti MANSUY, et *Sp.* aff. *Cabedanus* de VERN. et d'ARCHIAC, auraient plutôt des affinités avec des fossiles du Dévonien moyen.

La *Rhynchonella* cf. *letiensis* de la Série de Pa Pei est la même que *Rh. letiensis* GOSSELET mut. *orientalis* MANSUY.

De plus *Spirifer Bourreti* MANSUY est commun aux deux régions.

La Série de Pa Pei et les schistes et calcaires de Phieng Dia sont donc du même âge. Ils doivent être attribués au Dévonien supérieur, sans préciser davantage, bien que les affinités de leurs faunes avec celles du Dévonien moyen et la présence de *Rhynchonella cuboides* SOWERBY inciteraient à placer ces termes dans le Frasnien.

Il n'est pas possible de distinguer plusieurs horizons paléontologiques successifs tant dans la Série de Pa Pei que dans les schistes de Phieng Dia.

Les schistes en plaquettes de l'Est de Ban Cra et les calcaires griottes qui les surmontent appartiennent à une formation stratigraphiquement supérieure à la Série de Ha Lang, par conséquent supérieure au Givétien.

Au point de vue lithologique les calcaires griottes, d'aspect très spécial, ne sont nulle part en relation avec des terrains permettant de fixer leur âge ; les schistes de l'Est de Ban Cra, sans fossiles, sont identiques à des schistes à ptéropodes, de même position et également surmontés par des griottes, existant dans le Lu Khu ; ils présentent le même aspect que les schistes à ptéropodes de la série de Pa Pei appartenant, comme nous venons de le voir, au Dévonien supérieur.

Aussi, étant donné surtout leur position, je crois pouvoir attribuer au Dévonien supérieur l'ensemble des schistes en plaquettes et des calcaires griottes.

4. — COMPARAISONS AVEC LES TRAVAUX ANTÉRIEURS

Le tableau des horizons donné p. 70 étant justifié au point de vue paléontologique et stratigraphique, il reste à le mettre en parallèle avec les travaux de nos devanciers.

J'ai peu de choses à dire du mémoire du Commandant ZEIL (50), mémoire très bref qui ne se prête guère à une discussion d'horizons. Je suis à peu près d'accord avec lui dans l'ensemble, sauf en ce qui concerne l'assise supérieure (Calcaires bleus épais).

Les trois premières assises peuvent se mettre facilement en concordance avec les miennes, comme on peut le voir dans le tableau suivant :

ÉTAGES	ÉCHELLE DU COMMANDANT ZEIL	ÉCHELLE DU PRÉSENT OUVRAGE
	4 Calcaire bleu épais.	
Dévonien supérieur . . .	3 Calcschistes à Ptéropodes	Série de Pa Pèi.
Givétien	2 Calcaires à phtanites	{ Série de Ha Lang. Calcaires noirs dolomitiques.
Eifélien	1 Schistes à <i>Spirifer</i> .	{ Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> . Série de Na Man.

Calcaire bleu épais : Je ne vois pas de la même façon que le Commandant ZEIL la position du calcaire bleu épais dans les régions de Yen Lac et de Ngan Son.

Dans ces contrées ces calcaires (comme dans le massif de l'Est de Cao Bang) ne sont séparés des Schistes à *Spirifer speciosus* que par une mince zone discontinue de calcschistes, ou plutôt de bancs de calcaires en lits très minces. Ces calcaires bleus épais représentent pour moi les calcaires dolomitiques eiféliens, et, peut-être, la base de la Série de Ha Lang.

Les calcschistes à Ptéropodes (Série de Pa Pei) sont toujours supérieurs dans la Fenêtre de Yen Lac, à la Série de Ha Lang avec masses très importantes de lydiennes, et aux quelques massifs calcaires qui ont pu être rapportés aux « calcaires bleus épais ».

De même les calcaires bleus épais de Ngan Son ne diffèrent pas des calcaires du poste de Ngan Son où M. ZEIL signale des *Calceola*. Ces calcaires reposent directement sur des schistes eiféliens.

Dans la région de Dong Khe, comme le dit M. LANTENOIS (26, p. 8), les calcaires attribués par le Commandant ZEIL aux calcaires bleus épais dévoniens sont en réalité ouraliens.

J'ignore si dans la région de Xuat Tac, que je n'ai pas visitée et où M. ZEIL a pris sa coupe fondamentale, des calcaires bleus épais existent au sommet de la série dévonienne.

Le Commandant ZEIL a publié la feuille géologique de That Khe (54), sur laquelle figure l'horizon de Na Bor dont il n'est pas question dans le mémoire.

Dans la région de Dong Khe l'horizon de Na Bor correspond à peu près à notre Série du Bong Son. Elle est par conséquent à sa place. Le Commandant ZEIL englobe dans l'horizon de Na Bor les Schistes à *Spirifer* sus-jacents lorsqu'il n'y a pas recueilli de fossiles.

Ces deux horizons étant contigus, les quelques erreurs de limite résultant de cette confusion difficile à éviter, n'ont, au point de vue général, aucune importance.

En revanche, nous ne pouvons admettre les contours de détail du Commandant ZEIL dans la Fenêtre de Yen Lac où, sous la teinte représentent l'horizon des Schistes

à *Spirifer* sont confondus d'une part les Schistes à *Spirifer speciosus* et la Série de Na Man et d'autre part la Série de Pa Pei, ni la superposition des horizons telle qu'elle ressort des pendages indiqués sur cette carte.

En particulier, la bande de Silurien Dévonien de l'Ouest de Yen Lac passe en réalité sous la bande de « l'horizon de Na Bor » qui supporte le Khao Tiang, et non sur cette bande.

Il serait oiseux de discuter point par point le détail de cette carte qu'il suffira de comparer à celle que je présente.

Je dois reconnaître qu'en l'état de la Paléontologie du Tonkin en 1907, la carte détaillée de la Fenêtre de Yen Lac était bien difficile à établir.

Nous n'insisterons pas non plus sur le mémoire de M. LANTENOIS, qui, en dehors de l'âge erroné dû à l'attribution au Silurien de la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, correspond dans l'ensemble à ce que nous avons vu. Ce mémoire, d'ordre général, ne permet pas de discussion de détail.

Passons à la note de M. Giraud, parue longtemps après celles de MM. LANTENOIS et ZEIL.

Que le Lecteur veuille bien se reporter à l'échelle stratigraphique de M. GIRAUD que j'ai donnée pp. 68 et 69. Laissant de côté l'Ordovicien, dont l'affleurement est situé au Sud de la limite de la région que j'ai étudiée, je dirai d'abord que je suis d'accord avec M. GIRAUD en ce qui concerne la position de sa coupure entre le Gothlandien et le Dévonien.

Mais je ne puis plus du tout partager sa manière de voir au sujet des coupures faites dans l'intérieur du Dévonien. Les superpositions indiquées sont si différentes des miennes et correspondent si peu aux coupes que j'ai relevées, que je ne puis même pas les discuter par comparaison.

Je signalerai seulement :

1° — Que partout les couches à *Spirifer crispus* sont inférieures et non supérieures à celles à *Spirifer speciosus* SCHL.

2° — Que les calcaires groupés dans la série 7 de M. GIRAUD, l'un à *Calceola sandalina*, l'autre à *Rhynchonella yunnanensis*, appartiennent à des niveaux bien différents.

Le calcaire à *Calceola sandalina* de Ngan Son est eifélien, tandis que le niveau de Pa Pei doit être réuni à la série 6 qui le précède, appartenant au Dévonien supérieur.

Il semble que M. GIRAUD n'ait pu identifier le même horizon en des points différents et que chacune de ses séries comporte des éléments empruntés à des horizons distincts.

Il m'est difficile de comparer l'ensemble de chacune de ces séries à chacun des horizons de mon échelle stratigraphique.

On peut cependant essayer de les grouper de la façon suivante :

Dévonien supérieur	Séries 6 et 7 pro parte.
Givétien	Non indiqué.

Eifélien	}	Série 7 pro parte.
		Séries 3 et 5 mélangées.
		Série 4.
Gothlandien		Série 2.

Si nous reprenons maintenant les travaux de M. MANSUY, nous pouvons voir que notre succession ne s'écarte pas de la sienne. Seule la coupure entre le Gothlandien et le Dévonien est placée différemment ; de plus les Schistes de Na Ca ne diffèrent pas des Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM et ne doivent pas en être séparés. Je serai d'avis de faire rentrer aussi dans le même horizon les Schistes de Pien Doc à *Chonetes Zeili*.

Enfin, l'horizon à *Streptorhynchus* cf. *sarmentosus* MAC COY de Pac Giaï, signalé par M. MANSUY (43, p. 24), m'a fourni *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM et est par conséquent eifélien.

5. — EXTENSION DU GOTHLANDIEN ET DU DÉVONIEN DANS LE NORD-EST DU TONKIN

Nous ne donnerons ici cette extension que d'une façon très sommaire, les cartes étant beaucoup plus parlantes que toute description.

A. — Gothlandien.

Nous connaissons uniquement comme appartenant au Gothlandien les Schistes à *Climacograptus* de Na Yan, près de Na Ri, au Nord de la feuille de Pho Binh Gia.

B. — Terrains inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM (Base de l'Eifélien).

Feuilles de Ha Lang et de Cao Bang.

Ces terrains occupent le centre de quelques dômes du massif de l'Est de Cao Bang. Ils sont suffisamment délimités sur les cartes pour qu'il soit inutile d'indiquer leur extension avec plus de précision.

Feuille de That Khe.

a — Notre carte les montre dans quelques dômes de la région de Dong Khe (1).

b — Nous avons donné en décrivant la série de Na Man leur extension dans la Fenêtre de Yen Lac.

(1) M. GIRAUD considère une partie de ces terrains, situés dans les divers dômes du Pays de Dong Khe, comme appartenant au Trias charrié [19 p. 14]. La structure du pays, que je discuterai dans la 4^e partie de cet ouvrage, et les fréquentes récoltes de fossiles appartenant à la faune à *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM que j'ai pu faire dans les couches les plus élevées de ces terrains, ne me permettent pas de partager l'opinion de M. GIRAUD.

Feuille de Bao Lac.

Je signale, dans l'Est de la feuille de Bao Lac, à Ban Mieng, un petit affleurement de schistes très grossiers et de calcaires noirs. Ces derniers m'ont fourni :

Heliolites sp. aff. *H. megastoma* MAC COY.

Monotrypa cf. *sphaerica* HALL.

Je rapporte, avec un point de doute, cet ensemble à la Série de Na Man.

C. — Schistes à *Spirifer speciosus*, Calcaires noirs dolomitiques, et Givétien.

Feuille de Ha Lang.

Ces terrains sont très répandus dans la feuille de Ha Lang. Notre carte en indique l'extension.

Feuille de Cao Bang.

a — Massif de l'Est de Cao Bang.

(Même observation que pour la feuille de Ha Lang).

b — Massif du Lung Xung.

Le Dévonien moyen paraît en deux ou trois affleurements très réduits dans le Lung Xung à la faveur de l'érosion, sous les calcaires ouraliens.

c — Massif charrié du Binh Lang, en rares affleurements peu étendus sous les calcaires ouraliens (1).

d — Schistes et calcaires de Pac Giai, à l'Est du Pia Oac.

Ces schistes eiféliens, attribués avec doute à l'Ordovicien (MANSUY, 43, p. 24) m'ont fourni *Spirifer speciosus* comme j'ai eu déjà occasion de le dire.

e — Calcaires marmorisés de Tinh Tuc, charriés, attribués au Dévonien moyen par suite de leur continuité avec un horizon à *Sp.* cf. *Cabedanus* de VERNEUIL et d'ARCHIAC.

f — Couverture du Dôme du Nui Tong Tinh (Sud-Ouest du Pia Oac), par continuité avec les terrains du Dôme de Ngan Son.

Feuille de That Khe.

a — Dômes des environs de Dong Khe (voir la carte).

b — Fenêtre de Yen Lac où ils viennent d'être décrits.

c — Ensemble des terrains sédimentaires du Dôme de Ngan Son, où les calcaires ont fournis *Calceola sandalina* en deux points.

(1) La masse du Binh Lang, attribuée au Gothlandien par M. DEPRAT [12] m'a fourni à peu près partout des Fusulinidés.

Des schistes très sériciteux de l'auréole du Phan Ngame m'ont fourni :

Combophyllum Brancai FRECH.

Le métamorphisme du Phan Ngame atteint donc les Schistes à *Spirifer speciosus*.

Feuille de Bao Lac.

a — Nous attribuons au Dévonien moyen les bandes calcaires dites « Calcaires moyens ou Calcaires de Ha Giang » dont nous discuterons la position dans la partie structurale de cet ouvrage. Les « Calcaires moyens » nous ont donné près de Nam Quet des *Favositidés* qui ne permettent pas de les attribuer à l'Ouralien, et, au Sud de Nam Linh, des schistes associés à ces calcaires renferment :

Spirifer cf. *Cabedanus* de VERNEUIL et d'ARCHIAC.

b — C'est également au Dévonien que nous croyons devoir attribuer, uniquement par analogie de faciès, les grandes masses complexes, calcaires et schistes, de la région de Lang Ca Phu. Ce complexe figure sur notre carte sous le nom de « Calcaires de Lang Ca Phu ».

c — Flanc nord-ouest du Dôme du Nui Tong Tinh (Ouest du Pia Oac) où ils continuent vers le Nord-Ouest le Dévonien de Ngan Son.

Nord de la feuille de Bac Kan.

a — Schistes et calcaires de Cho Ra.

Placés dans le Dévonien par continuité avec les calcaires de Lang Ca Phu sans aucune preuve paléontologique.

b — Calcaires des Ba Be.

Placés dans le Dévonien sans aucune preuve autre que leur analogie au point de vue lithologique avec les calcaires de la Série de Ha Lang. Les calcaires des Ba Be contiennent de curieux phthanites tordus en fer à cheval (Photographie C, Pl. VIII).

Feuille de Ha Giang.

J'attribue au Dévonien les calcaires de l'Est de la feuille de Ha Giang, par continuité avec ceux de la feuille de Bao Lac (1).

D. — Dévonien supérieur.

Feuille de Ha Lang.

Schistes en plaquettes et griottes de la région de Ha Lang et de Ban Cra.

(1) Ces calcaires sont considérés comme gothlandiens par M. DEPRAT [55].

Feuille de Cao Bang.

- a* — Affleurement réduit de Co Phai au Nord du Lu Khu.
- b* — Débris écrasés près de Tra Linh.
- c* — Fenêtre de Phieng Dia.

Feuille de That Khe.

- a* — Série de Pa Pei.
 - b* — L'ensemble des terrains de l'Anticlinal du Coc Xo qui m'ont fourni vers le Nord, près de Po Duong, *Chonetes hardrensis* PHILLIPS, se place stratigraphiquement au niveau de la Série de Pa Pei ou même au-dessus de cette Série. J'ai cru pouvoir l'attribuer, avec doute, au Dévonien supérieur.
-

CHAPITRE IV

OURALO PERMIEN

Seuls, l'Ouralien et le Permien représentent la période anthracolithique dans la partie que j'ai explorée du Nord-Est du Tonkin.

Les calcaires ouralo-permiens occupent dans cette région des surfaces considérables. Je n'ai pourtant pas pu établir une échelle stratigraphique détaillée parce que les fossiles, surtout des Foraminifères, sont rares, et parce que le faciès lithologique reste très constant.

L'Ouralo-Permien est représenté par des calcaires massifs généralement clairs, à pâte presque toujours très fine qui, au microscope, se résoud en grains de calcite très petits et à contours indécis. Souvent, ces grains de calcite sont recristallisés et, par suite des actions dynamiques, se présentent en assez grandes plages très maclées ; il n'est pas rare d'y voir des macles déformées. Aussi les Foraminifères qu'on trouve dans ces calcaires ne peuvent la plupart du temps être déterminés spécifiquement ; il est même souvent impossible de donner un nom de genre.

On ne peut attribuer une valeur quelconque à la couleur et à la pâte des calcaires ; comme nous venons de le dire, ces calcaires sont généralement clairs et à pâte très fine ; mais ils admettent aussi des parties grenues et de teintes très variées allant jusqu'au noir.

Je donnerai ici sommairement l'extension des calcaires ouralo-permiens en signalant les rares fossiles que j'ai pu y recueillir.

a. Feuilles de Cao Bang et de Ha Lang.

A l'Est de la feuille de Cao Bang et sur la feuille de Ha Lang, l'Ouralo-Permien forme un manteau discontinu, comme nous le verrons plus tard. Les fossiles sont extrêmement rares ; nous pouvons seulement signaler des restes indéterminables de Fusulinidés en de nombreux points du Lu Khu ; le faciès lithologique est très constant et permet toujours de séparer facilement les calcaires ouralo-permiens, tels qu'ils sont limités sur nos cartes, des calcaires dévoniens sous-jacents.

Le Massif en place du Lung Xung m'a également donné de rares débris de Fusulinidés. Sur son flanc ouest, quelques gisements, aux environs de Bo Ngan, montrent des débris de brachiopodes, d'hydrozoaires et de nombreuses tiges d'encrines, accompagnés de Fusulinidés (*Neofusulinella* sp.).

Le Massif calcaire plus occidental du Binh Lang renferme des Fusulinidés écrasés, mais déterminables, dont les gisements sont situés surtout dans la feuille de Bao Lac.

J'ai notamment recueilli à Pa Khao :

<i>Fusulina japonica</i> GÜMBEL.	} du Permien inférieur du Japon (1).
<i>Schwagerina Verbeeki</i> GEINITZ.	
<i>Doliolina lepida</i> SCHWAGER.	
<i>Neoschwagerina craticulifera</i> SCHWAGER.	

b. Feuilles de That Khe et de Lang Son.

A l'Est de la feuille de That Khe existent des affleurements ouralo-permiens qui prolongent ceux de la feuille de Cao Bang.

Au Nord-Est de That Khe ils sont très rarement fossilifères, et seul le petit lambeau écrasé de Ban Lung Noc m'a fourni des Schwagerines. M. GIRAUD [19, p. 15] y signale des brachiopodes très écrasés.

Les affleurements calcaires ouralo-permiens de la feuille de Lang Son m'ont fourni de très rares brachiopodes et des Fusulinidés. J'indique ci-après les principaux gisements :

Song Ang	<i>Reticularia lineata</i> MARTIN.
Khuoi Da	{ <i>Spirifer Nikitini</i> TSCHERNYSCHEW
	{ <i>Neofusulinella</i> sp.
2 kilomètres à l'Ouest	{ <i>Phillipsia</i> sp.
de Lang Son.	{ <i>Hydrozoaires ind.</i>
Cirque de Ky Lua	<i>Fusulina</i> cf. <i>vulgaris</i> SCHELLWIEN.

Un massif calcaire important de la feuille de That Khe, celui du Kim Hi, est formé des calcaires clairs qui sont les plus fréquents dans la Série ouralo-permienne du Nord-Est du Tonkin ; ils ne m'ont rien donné ; mais les lambeaux de ce massif laissés par l'érosion vers l'Est, m'ont fourni des débris de Fusulinidés, notamment des Doliolines.

c. Feuille de Bao Lac et régions voisines.

A l'Est de la feuille de Bao Lac vient se terminer le Massif du Binh Lang de la feuille de Cao Bang. Les gisements à Fusulinidés, toujours très laminés, ne sont pas rares. Nous avons donné ci-dessus, au sujet de la feuille de Cao Bang, la liste de la faunule de Pa Khao qui se trouve sur la feuille de Bao Lac.

De plus, les calcaires ouralo-permiens occupent, dans la feuille de Bao Lac, deux bandes correspondant aux deux flancs d'un synclinal que nous décrirons dans la quatrième partie de notre étude sous le nom de Synclinal de Lang Ca Phu ; le prolongement au Nord-Ouest de la bande située au Nord-Nord-Est et à l'Est du synclinal a fourni vers le Col des Partisans à M. DEPRAT [8] des débris de Fusulinidés. J'attribue également à l'Ouralo-Permien un certain nombre de paquets délimités sur mes cartes, paquets qui assurent la continuité entre cette bande et le Massif du Binh Lang.

(1) Déterminations de Mademoiselle COLANI.

Nous remarquerons que dans les affleurements de l'Est (Est des feuilles de Cao Bang et de That Khe et affleurements de la feuille de Lang Son), les Foraminifères et autres fossiles déterminables appartiennent à l'Ouralien, tandis que ceux des environs du Kim Hi et du Massif du Binh Lang sont permien.

Etant donné les épaisseurs assez considérables de calcaires existant d'un côté comme de l'autre sans fossiles, il n'est pas possible de tirer une conclusion de cette répartition.

L'Ouralo-Permien du Nord-Est du Tonkin peut dépasser 6 ou 700 mètres d'épaisseur.

CHAPITRE V

TERRAINS SECONDAIRES

1. — TRIAS ET LIAS

Le Trias certain ne nous est connu que dans la région de Lang Son et de Bi Nhi où il affleure un peu partout. Le Trias a été reconnu depuis longtemps ⁽¹⁾ [JOURDY, 22 et 23. — DOUVILLÉ, 14. — LANTENOIS, 26]. On peut y distinguer de bas en haut :

1°. Une série plus ou moins gréseuse avec quelques ammonites. Elle a fourni en divers points la faune suivante :

a. A l'Ouest de Lang Son.

Ceratites sp. aff. *C. trinodosus* v. HAUER.

Danubites.

Posidonomya.

b. Vers le Nord du Bac Son, de nombreux fragments inutilisables d'ammonites.

Ces terrains ont toujours été considérés comme appartenant au Trias inférieur. [GIRAUD, 19, p. 38. — MANSUY, 33, p. 10].

Cette attribution était basée uniquement sur la présence de très mauvais échantillons d'ammonites déterminées comme *Danubites*, *Hungarites*, etc...

Le *Ceratites* aff. *C. trinodosus* de l'Ouest de Lang Son semble plutôt devoir faire considérer ces terrains comme un horizon du Trias moyen, horizon inférieur à la série suivante.

2°. Une série complexe, généralement schisteuse, avec bancs calcaires, où des fossiles nombreux ont été trouvés.

J'ai peu à dire sur cette formation attribuée avec certitude au Trias moyen et suffisamment décrite par M. GIRAUD [19, pp. 37 et suivantes].

M MANSUY donne [43, pp. 146 et suivantes] la liste des fossiles provenant de cette région, liste que je crois devoir reproduire ci-après :

Spiriferina cf. *Griesbachi* BITTNER.

Lima cf. *subpunctata* D'ORBIGNY.

Pecten cf. *tubulifer* MÜNSTER.

— cf. *amuricus* BITTNER.

— cf. *ussuricus* BITTNER.

(1) M. COUNILLON a dressé de la région de Lang Son une carte géologique au 1/100 000^e sur laquelle sont délimités les calcaires ouralo-permiens, le Trias schisteux, le Trias calcaire et les rhyolithes. Cette carte est restée inédite dans les archives du Service géologique de l'Indochine.

Avicula cf. *Frechi* BITTNER.

— cf. *obtusa* BITTNER.

Hoferia cf. *duplicata* MÜNSTER.

Pseudomonotis cf. *Iwanowi* BITTNER,

Hoernesia Joannis Austriae KLIPSTEIN.

Gervilleia sp. ?

Myophoria cf. *laevigata* v. ALBRECHT.

— *inaequicostata* KLIPSTEIN.

— *Goldfussi* v. ALBRECHT.

Anodontophora (*Anoplophora*) cf. *Griesbachi* BITTNER.

Cuspidaria sp. ?

Pseudomelania sp. ?

Zygopleura sp. ?

Ceratites cf. *Airavata* DIENER.

Clionites cf. *Salteri* MOJSISOVICS.

Paratibetites ?

Il faut ajouter à cette liste :

a. Les espèces suivantes que j'ai récoltées à 1 kilomètre à l'Ouest de Dong Dang [MANSUY, 44, p. 24] :

Pecten sp. aff. *P. subdemissus* MÜNSTER.

— sp. aff. *P. auristriatus* MÜNSTER.

Lima sp. aff. *L. subpunctata* d'ORBIGNY.

Cuspidaria cf. *alpis civicae* BITTNER.

b. *Myophoriopsis* cf. *Kittlii* BITTNER que j'ai recueilli près de Luong Vai, sur la route de Lang Son à Diem He, associé à *Myophoria inaequicostata* KLIPSTEIN.

c. Les schistes de Na Pan, à l'Est de Diem He, m'ont fourni [MANSUY 44 p. 24] :

Avicula cf. *cassiana* BITTNER.

Pecten cf. *ussuricus* BITTNER.

d. Une riche faune triasique découverte par M. DEPRAT à Na Cham, sur la berge de la rive droite du Song Ky Kong [MANSUY, 44, pp. 19 et suivantes].

Ce curieux gisement repose sur les rhyolithes du poste de Na Cham.

Il est formé de bancs de calcaires noirs très marneux, assez froissés et brisés.

Un de ces bancs contient, au contact même de la faune triasique, une faunule composée surtout de grandes espèces de bivalves attribuées par M. MANSUY au genre *Cardinia* (1), dont la liste est la suivante [MANSUY, 44, p. 33] :

Cardinia nachamensis MANSUY.

— *latitruncata* MANSUY.

— sp. ? aff. *C. crassissima* SOWERBY.

— sp. aff. *C. plana* AGASSIZ.

Zygopleura Cossmanni MANSUY.

(1) Je crois devoir faire toutes réserves sur l'attribution au Lias de ces grands bivalves. Cette faune a été trouvée dans un banc très réduit, au contact même de la faune du Trias

Sur l'ensemble de ces bancs s'appuie la formation schisto-calcaire du Trias moyen à *Myophories*, fossilifère en de nombreux points avec, à la base, une brèche mylonitique des calcaires du Trias moyen.

2. — LES SCHISTES DU SONG HIEM

Cet énorme ensemble a été décrit par le Commandant ZEIL dans son mémoire [50, p. 5] sous le nom de Système X, comme étant inférieur au Silurien Dévonien. Il figure sur sa carte (feuille de That Khe) comme Trias présumé.

M. ZEIL y distingue cinq horizons, à savoir de haut en bas :

- 5 Calcschistes mats
- 4 Grès calcifère
- 3 Schistes et grès supérieurs
- 2 Schistes et grès inférieurs
- 1 Brèche et poudingue.

M. GIRAUD reconnaît seulement dans cette formation, qu'il attribue au Trias inférieur, un ensemble schisteux, peut-être avec massifs calcaires dans la région sud-ouest de la feuille de Pho Binh Gia, avec, à la base des schistes, les brèches et poudingues.

Dans les régions que j'ai étudiées, cet ensemble, qui correspond à une nappe dont la position tectonique nous retiendra dans la 4^e partie de cet ouvrage, ne contient *aucun élément calcaire*. Cette formation, à laquelle nous avons donné le nom de *Schistes du Song Hiem* comprend deux zones : en haut, une zone de brèches, en bas, les Schistes

moyen. Ce banc est formé de schistes marneux à petits nodules calcaires ; il est caractérisé par une grande abondance de très fines paillettes de mica blanc. Il supporte des bancs triasiques de composition lithologique assez analogue mais sans mica. Bien que l'ensemble soit un peu froissé, il est impossible d'admettre le contact de bancs contenant deux faunes d'âge si différent sans faire l'une des deux hypothèses suivantes :

I. Lacune par arrêt de la sédimentation entre le Trias moyen et le Lias. Reprise de la sédimentation au Lias moyen dans des conditions de dépôt identiques à celles du Trias en un même point.

II. Lambeau de Lias pris entre des lames de Trias moyen à la suite de chevauchements.

Ces deux hypothèses sont l'une et l'autre inacceptables. L'état des fossiles et du terrain lui-même est en contradiction avec un glissement en ce point précis du Lias moyen sur un Trias moyen qui serait par dessus le marché de faciès identique. Un arrêt de la sédimentation aussi long, sans modification des conditions de dépôt, ne saurait être envisagé. De plus, il existe dans les collections du Service Géologique à Hanoi, des exemplaires appartenant à des espèces de la faune triasique décrite par M. MANSUY, et provenant de Na Cham, dont la gangue est celle des fossiles déterminés comme *Cardinies*. Je signalerai qu'aucune charnière appartenant à ces fossiles n'a pu être dégagée. J'estime donc que la petite faunule de Na Cham ne peut être considérée avec certitude comme appartenant au Lias. Un *Zygopleura* est connu dans le Trias de Ban Huit, feuille de Pho Binh Gia.

du Song Hiem proprement dits. Ces derniers sont formés de schistes à pâte souvent très fine, très plissés, avec bancs plus ou moins gréseux ; ils sont caractérisés, d'abord par des intercalations de rhyolithes très écrasées, formant des massifs importants qui paraissent situés plutôt vers la base de l'ensemble des Schistes du Song Hiem ; ensuite par des grès très spéciaux, dont les éléments sont empruntés à des rhyolithes. Ces grès que M. JACOB et moi avons appelés Grès Singuliers [21, p.] sont toujours écrasés à tel point qu'il est difficile de dire si l'on a affaire à des rhyolithes ou microgranites laminés ou à de vrais grès ; on trouve tous les intermédiaires entre des rhyolithes franches, et des roches à aspect nettement détritique, qui présentent souvent des quartz corrodés ; à l'œil nu ces roches montrent des points blancs souvent quadrangulaires, qui sont probablement des feldspaths ; au microscope ces feldspaths sont complètement transformés en argile amorphe.

Les Schistes du Song Hiem présentent parfois à leur base des roches à aspect de poudingues laminés qui montrent, dans une pâte identique à celle des Grès Singuliers, des amandes étirées de roches qui ne diffèrent pas de certaines rhyolithes.

Enfin, je dois signaler, toujours à la base de ces schistes, près de Kouei Quang, à quelques kilomètres à l'Ouest de Van Mit, dans le lit du Ch. Ta Kiou, des bancs épais d'un poudingue dont le ciment est identique aux *Grès Singuliers* et dont les galets, qui varient de 2 à 15 centimètres, sont les uns, des Grès Singuliers, et les autres des rhyolithes très nettes ; ces bancs, très laminés, plongent 30° nord-est.

En divers points, surtout aux environs de la région de Yen Lac, les Schistes du Song Hiem contiennent des bancs de quartzites à grain très fin.

La zone supérieure est formée d'une brèche dont les éléments, jamais roulés, de dimensions très variables et de teintes vives (lydiennes, jaspes, schistes), sont cimentés par une pâte siliceuse ; je donne à cette formation le nom de *Brèche des sommets* à cause de sa position presque exclusive, en bancs massifs généralement horizontaux, au sommet des grands mamelons des Schistes du Song Hiem, entre le Kim Hi et la région de That Khe. C'est la « Brèche du Système X » de MM. ZEIL et GIRAUD (1).

La « Brèche des sommets » est commune autour de la Fenêtre de Yen Lac, et entre cette Fenêtre et les Massifs autochtones de l'Est. Elle occupe tous les hauts sommets de la région et forme parfois des masses très importantes. Nous citerons (voir les cartes) le Pia Ngom (1196 m.), le Pia Bane (895 m.), le Tiott Ki Ma (780 m.) au voisinage de la bordure est de la Fenêtre de Yen Lac ; le Khao Hou (611 et 629 m.), le Khao Pou (850 m.) au voisinage de la bordure nord.

Parfois l'érosion n'a laissé de cette Brèche que des témoins isolés perchés sur de hauts mamelons de schistes : c'est le cas du Pia Ma (601 m.) à l'Est de la Fenêtre de Yen Lac ; plus à l'Est, le Khao Me Luong est également couronné par cette Brèche ; il est probable qu'elle est fréquente sur les sommets inaccessibles de la région qui s'étend au Nord de la Fenêtre de Yen Lac ; elle n'est jamais en contact direct avec le Gothlandien et le Dévonien, sauf à l'Ouest de Toung Loc, sur la route de Na Ri à Pho Binh Gia.

Je ne suis pas du tout d'accord avec MM. ZEIL et GIRAUD sur la position de cette Brèche. Dans les régions où j'ai pu le mieux la voir, c'est à dire dans celles du

(1) D'après MM. ZEIL et GIRAUD la brèche X est le terme le plus bas du Système X ; il est en place, et inférieur aux terrains de la Fenêtre de Yen Lac pour le premier ; il est charrié pour le deuxième.

Nord-Est et du Sud-Est de Yen Lac, cette Brèche repose en concordance, de la façon la plus nette, sur les Schistes du Song Hiem, ainsi qu'on peut le voir au Nord du Pia Ngom sur le chemin de Van Mit à Cu Le. C'est le terme le plus haut que je connaisse dans l'ensemble des Schistes du Song Hiem, à l'Est de l'Arc du Coc Xo.

En revanche, il existe, à l'Ouest de l'Arc du Coc Xo, du Rhétien houiller qui semble reposer sur la Brèche des sommets.

Faute de fossiles, l'âge de ces formations ne peut être précisé. *

On peut cependant indiquer une limite inférieure et une limite supérieure.

1° La présence de rhyolithes typiques écrasées, et de poudingues à galets de rhyolithes ne permet pas d'attribuer ces Schistes à un niveau inférieur au Trias moyen, limite inférieure de la venue des rhyolithes.

2° Ces terrains sont antérieurs aux charriages par lesquels ils sont affectés, charriages qui ne sont d'ailleurs pas datés d'une façon exacte. On sait qu'ils sont postérieurs au Jurassique et antérieurs au Mio-pliocène et même à l'Oligocène (Voir 4^e partie).

Nous pouvons ainsi prouver seulement que les Schistes du Song Hiem appartiennent au Secondaire, sans autre précision.

Cependant une indication plus approchée pourrait être donnée par la « Brèche des sommets » également sans fossiles, mais stratigraphiquement supérieure aux Schistes du Song Hiem.

Il semble que dans les régions de Lang Hit et de Chi Ne (régions que je n'ai pas étudiées) cette brèche soit en relation avec le Rhétien houiller dont elle occuperait la base. Des observations récentes, malheureusement sommaires, que j'ai pu effectuer entre Cho Chu et Phan Me (feuille de Tuyen Quang), confirmeraient l'attribution à la base du Rhétien de la Brèche des sommets.

Les Schistes du Song Hiem comprennent donc vraisemblablement du Trias supérieur et du Rhétien.

L'extension des Schistes du Song Hiem et de la Brèche des sommets est figurée sur nos cartes. Nous aurons occasion d'en dire quelques mots en étudiant la position tectonique de ces formations.

M. GIRAUD signale, dans des terrains appartenant aux Schistes du Song Hiem, quelques mauvais débris d'ammonites dont les caractères, d'ailleurs très mal conservés, les ont fait attribuer au Trias inférieur.

J'ai également trouvé des ammonites analogues dans des schistes et grès situés sous les Schistes du Song Hiem ; mais ces schistes et grès font partie du substratum triasique et non de la Nappe ; étant donné la position des horizons fossilifères signalés par M. GIRAUD, il semble probable que ces horizons appartiennent, sinon au substratum, tout au moins à des lambeaux de poussée entraînés par la Nappe du Song Hiem, et non à cette Nappe.

CHAPITRE VI

TERTIAIRE ET QUATERNAIRE

1. — TERTIAIRE

Le Tertiaire est connu en trois points dans les régions du Nord-Est du Tonkin qui font l'objet de mes travaux. Ce sont trois bassins isolés alignés suivant une même direction nord-ouest — sud-est, et qui nous ont déjà retenus dans notre étude de Physiographie, savoir à partir du Nord-Ouest :

- a.* — Le bassin de Cao Bang.
- b.* — Le bassin de That Khe.
- c.* — Le bassin de l'Est de Lang Son.

Ces bassins ont été décrits ou signalés par tous les Géologues qui se sont occupés de ce pays (1), ainsi que celui de Tuyen Quang situé au Sud-Ouest de la région que j'ai étudiée.

a. — Bassin de Cao Bang.

Ce bassin s'allonge suivant la vallée du Song Bang Giang, aux environs même de Cao Bang.

Entre Cao Bang et les Schistes du Song Hiem à l'Ouest, il forme une zone de mamelons bas, large de trois à quatre kilomètres à peine. Mais ce n'est là qu'une faible partie du Bassin tertiaire de Cao Bang, dont on trouve, bien en amont de Nuoc Hai, quelques vestiges encore respectés par l'érosion du fleuve.

Le bassin actuel, presque partout caché par les alluvions, allongé suivant la direction nord-ouest — sud-est, a environ 25 kilomètres de long sur 8 à 10 dans sa plus grande largeur.

Il comprend à la base, sur sa limite sud-ouest, des bancs, pendant 40° nord-est au maximum, de poudingue à assez gros éléments cimentés par un grès grossier. Les éléments de ce poudingue sont surtout des galets roulés de calcaires, avec des rhyolithes écrasées et de rares roches vertes.

Ces poudingues supportent un complexe de grès très grossier rappelant les molasses des côteaux de Garonne, et des bancs de poudingues formés exclusivement

(1) LAURENT [27]. — ZEIL [50]. — LANTENOIS [26]. — M. COLANI [3].

de tout petits galets de quartz avec ciment gréseux ; ces derniers poudingues occupent la majeure partie du Bassin tertiaire de Cao Bang ; ils sont surmontés par une série peu épaisse de marnes et argiles fossilifères avec bancs de lignites ; tout l'ensemble plonge vers le Nord-Est où il butte par faille contre la formation des Schistes du Song Hiem avec roches éruptives.

Un de ces bancs de lignite, qui paraît continu, est le siège d'une petite exploitation à 2 kilomètres de Cao Bang sur la route de Soc Giang ; il ne dépasse guère 80 centimètres de puissance et arrive à descendre bien au-dessous ; il va s'enfoncer sous le Song Bang Giang ; on le retrouve à 4 ou 5 kilomètres au Sud de Cao Bang sur le bord de la route de Dong Khe ; il affleure également sur les berges d'un petit ruisseau au milieu des alluvions actuelles du Song Bang Giang à 10 kilomètres au Nord-Ouest de Cao Bang.

Vers le Nord-Ouest ce bassin tertiaire se prolonge jusqu'en amont de Nuoc Hai ; il est visible surtout sur la rive droite du Song Bang Giang.

Sur la rive gauche du Song Bang Giang on en trouve aussi quelques témoins étroits, toujours plongeant nord-est et venant butter contre les roches vertes, probablement par faille. On peut remarquer d'ailleurs que le contact nord-est du bassin tertiaire est presque rectiligne. Au voisinage de ce contact, le Tertiaire est composé uniquement des poudingues à petits galets de quartz.

Il est possible que ce bassin ait été plus étendu avant les mouvements dont la faille qui le limite est la preuve.

Actuellement il est creusé par la vallée du Song Bang Giang dont les alluvions récentes le masquent à peu près partout.

Ce bassin n'a fourni comme fossiles que quelques empreintes de feuilles [LAURENT 27], et, entre Cao Bang et le gisement de lignite, des *Unio* déjà signalés par M. MANSUY et dont je n'ai pu dégager aucun exemplaire ; j'ai recueilli au même point quelques bivalves attribués au genre *Corbicula* ; ce sont là des coquilles lacustres qui ne peuvent donner d'indication sur l'âge exact de cette formation.

D'après les recherches de Mademoiselle COLANI sur les flores tertiaires du Tonkin [3], ce bassin serait contemporain de celui de Yen Bai attribué par ZEILLER [15] au Mio-pliocène.

b. — Bassin de That Khe.

Beaucoup plus réduit que le précédent, il ne présente plus que quelques débris peu étendus sous le manteau des alluvions du Song Bac Khe.

Il forme une cuvette à pendages convergeant vers le centre et repose d'une part sur la Nappe du Song Hiem (schistes et rhyolithes), d'autre part sur le Secondaire de la Cuvette de Bi Nhi.

Sa base est formée de poudingues très analogues à ceux du Bassin de Cao Bang avec galets variés, y compris des galets de rhyolithes (1). Au-dessus vient un poudingue

(1) MM. ZEIL [50 p. 9] et LANTENOIS [26 p. 30] insistent sur l'absence de galets de rhyolithes. Je ne puis donc m'associer à leurs conclusions à ce sujet.

à très petits galets de quartz blanc, identique à celui du Bassin de Cao Bang. Enfin la partie supérieure, très exigüe, est occupée par des grès et schistes avec quelques traces de lignite ; je n'y ai trouvé aucun fossile.

c. — *Bassin du Nord-Est de Lang Son.*

Nous n'avons pas exploré en détail les dépôts du Tertiaire le long de la dépression qui, au Nord-Est de Lang Son, prolonge l'alignement des bassins lacustres Cao Bang That Khe. Mademoiselle COLANI [3] a étudié particulièrement dans ce bassin le gisement de Na Giao qui pourrait être oligocène.

Autour même de Lang Son, des tufs découverts dans les rochers calcaires ont fourni à M. MANSUY une faune de Mammifères qu'il rapporte à la fin du Pliocène [43 p. 187].

Il ne semble pas qu'il y ait eu de dépôt lacustre de cet âge aux environs immédiats de Lang Son, et, s'il est certain qu'un grand lac ait existé là, il est probable que ce lac est quaternaire, et en relation avec le changement de régime hydrographique qui a amené la modification du cours du Song Ky Kong (Voir Physiographie p. 56).

L'alignement des Bassins tertiaires Cao Bang — That Khe — Est de Lang Son, se prolonge vers le Sud-Est jusqu'à Loc Binh.

2. — QUATERNAIRE

Alluvions anciennes et récentes. — Tufs.

Nous avons indiqué sur nos cartes au 1/100.000^e (1) l'extension des alluvions lorsque leurs masses sont particulièrement importantes. Les alluvions anciennes n'ont pu être séparées, parce qu'elles sont déjà presque partout détruites par l'érosion et qu'il n'en reste plus que des témoins épars, alignés à divers niveaux le long des plus larges vallées, sans qu'il soit possible d'établir une continuité entre ces témoins et de préciser divers niveaux.

Des tufs calcaires récents sont fréquents dans tous les massifs calcaires où l'érosion atteint le niveau des schistes sous-jacents, et surtout en bordure de ces massifs lorsque ceux-ci dominent largement les schistes.

(1) Non encore publiées.

QUATRIEME PARTIE

LA STRUCTURE DU NORD-EST DU TONKIN

INTRODUCTION

Nous abordons la partie la plus importante de notre étude. Nous croyons utile d'indiquer au préalable quelles étaient, au début de nos recherches, nos connaissances sur la structure de la région qui en fait l'objet.

Les travaux publiés sur la Géologie du Nord-Est du Tonkin appartiennent à deux époques bien différentes qui se distinguent l'une de l'autre par la considération des phénomènes de charriage.

Nous retiendrons seulement des travaux anciens, qui ne tiennent pas compte des mouvements tangentiels, ceux de MM. ZEIL et LANTENOIS.

M. ZEIL [50] a étudié la partie sud-est de la Zone qui nous occupe actuellement. La carte au 1/500.000^e qui accompagne son mémoire porte des directions de plis à axes courbes, arqués vers l'Est, directions qui, dans l'ensemble, correspondent à la réalité.

Les conclusions du mémoire de M. ZEIL au point de vue tectonique portent surtout sur l'existence de plissements hercyniens et de dislocations tertiaires ; il met en relief l'incurvation de l'Eléphant [50 p. 17], suffisamment indiquée par la courbure des directions générales de sa carte, et un mouvement de bascule des masses calcaires du Permo-carboniférien, mouvement en relation avec des fractures. Enfin, de nombreux phénomènes de transgression et de régression sont signalés.

M. LANTENOIS [26] adopte les conclusions de M. ZEIL pour la région étudiée par celui-ci. Il ajoute une étude tectonique d'ensemble sur le Tonkin qu'il envisage de la façon suivante :

1° — Grands plissements hercyniens.

2° — Phénomènes de régression et de transgression :

Transgression ouralo-permienne ;

régression permienne ;

transgression triasique ;

régression rhétienne ;

courte transgression rhétienne (origine du grès rouge).

3° — Grandes dislocations radiales (failles), ayant occasionné les venues éruptives.

4° — Plissements pliocènes.

Pour ce qui est de la direction des plissements, M. LANTENOIS admet une ligne directrice, suivant laquelle se seraient, d'après la règle GODWIN-AUSTIN, effectués les plissements successifs ; cette ligne directrice suivrait un grand arc de cercle à convexité tournée vers le Sud, parallèle au cours du Fléuve Rouge et au littoral.

D'après M. LANTENOIS l'allure de ces plis peut être troublée par des dislocations radiales : dans la région de Cao Bang en particulier, il attribue en ces termes à ces dislocations la direction nord-ouest fréquente dans les massifs calcaires : « *Pour moi, il y a conflit entre les deux directions, la direction des plis qui est Nord-Est, et la direction des dislocations qui est Nord-Ouest* ». Ce phénomène de double direction, très saillant dans l'Est de Cao Bang et sur lequel nous aurons à nous étendre, avait déjà été signalé dès 1886, comme le dit d'ailleurs M. LANTENOIS, par M. JOURDY [22].

Avec les travaux de M. DEPRAT, nous entrons dans une phase toute différente de l'étude de la structure du Nord-Est du Tonkin.

M. DEPRAT signale le premier l'extension importante, au Tonkin et au Yunnan, des phénomènes de charriage [8, 4, 7, 9, 11, 12].

Il distingue, sur un pays autochtone renversé, des écailllements de bordure sur lesquels a passé une nappe dite Nappe du Song Mien ; l'ensemble est écrasé sous la zone frontale des Nappes préyunanaises. Ses travaux détaillés [8] ont porté sur la région nord du Tonkin (feuilles de Yen Minh, Ma Li Po, Ha Giang et Pa Kha). Dans une Note [11], il estime que ces charriages doivent se réunir, par les feuilles de Bao Lac et de That Khe, aux charriages de la Basse Rivière Noire (1). Une deuxième Note [12] présente deux coupes intéressant les régions de Bao Lac et de Cao Bang.

Entre temps, M. GIRAUD [19] a étudié à nouveau la région qui fait l'objet du mémoire du Commandant ZEIL (feuilles de That Khe et de Pho Binh Gia). M. GIRAUD constate l'existence de phénomènes de charriage, mais il ne peut, faute de temps, arriver à reconnaître la nature et l'étendue des nappes.

On peut voir d'après ce qui précède qu'il était bien difficile, à l'époque où nous avons commencé nos travaux, de se faire une idée de la structure du Nord-Est du Tonkin (feuilles de Bao Lac, Cao Bang, Ha Lang, That Khe, Loung Tcheou et régions limitrophes de ces feuilles). Faute de la conception des charriages, MM. ZEIL et LANTENOIS ont été conduits à émettre des hypothèses qui, bien que compliquées, ne pouvaient fournir une explication satisfaisante des phénomènes constatés.

Cela ressort nettement de l'embarras témoigné par les diverses positions attribuées aux Schistes du Système X par M. ZEIL [50]. Ces Schistes, considérés d'abord

(1) Une révision récente de M. JACOB [20] n'a pas confirmé les résultats annoncés par M. DEPRAT dans son étude de la Basse et Moyenne Rivière Noire.

comme siluriens ou anté-siluriens dans son mémoire, sont ensuite figurés comme probablement triasiques sur sa carte au 1 : 100.000^e (Feuille de That Khe). Nous aurons l'occasion d'étudier des phénomènes qui, s'expliquant très facilement par la considération des charriages, avaient nécessité des hypothèses difficilement soutenables, comme par exemple la structure du Pays de Ngan Son.

Les hypothèses de M. DEPRAT se rapprochent beaucoup, dans l'ensemble, des faits que nous avons observés. Toutefois, dans la région étudiée par nous, ces hypothèses n'étaient traduites, en dehors de l'affirmation assez vague de l'existence des charriages, que par les deux coupes que nous avons signalées ci-dessus, coupes pour lesquelles nous ne pouvons accepter l'interprétation de M. DEPRAT, et que nous discuterons ultérieurement.

La structure du Nord-Est du Tonkin restait, en somme, entièrement à étudier. C'est ce que j'ai essayé de faire, et je vais présenter dans les pages qui vont suivre les résultats de cette étude que j'ai étendue vers le Centre du Tonkin, où aucun travail de ce genre n'avait encore été fait.

J'énumérerai d'abord les éléments tectoniques du Nord-Est du Tonkin, éléments qui correspondent d'assez près aux éléments géographiques que j'ai déjà distingués. Le Lecteur pourra suivre cette énumération sur le schéma Fig. 8, p. 120.

Le Nord du Tonkin présente des lambeaux charriés qui reposent sur une série schisteuse recouvrant elle-même des massifs autochtones.

Ces derniers se montrent sous les *Schistes* à la faveur d'anticlinaux à axes courbes qui forment dans leur ensemble une série d'arcs grossièrement concentriques entre eux et concentriques également à un massif cristallin, également autochtone, le *Massif du Haut Song Chay*.

Le plus oriental de ces arcs comprend ce que j'appellerai conventionnellement les *éléments autochtones externes*. Ce sont en effet les plus externes de ceux que je connais, mais j'ignore si, en poursuivant en Chine au Nord-Est, on ne retrouverait pas d'autres éléments analogues. Ces éléments autochtones externes sont les suivants :

Le *Massif de l'Est de Cao Bang* qui comprend les massifs du Lu Khu et des Ba Chau et la région de Dong Khe, tels qu'ils sont définis dans l'aperçu géographique de cet ouvrage.

Vers le Nord-Ouest cette zone paraît se raccorder par la région limitrophe du Kouang Si avec les belles formations primaires du Dong Quan, découvertes par M. DEPRAT [8] et revues l'année dernière par MM. JACOB et BOURRET [21].

Au Sud-Est, les terrains primaires des Ba Chau, masqués en partie par le *Secondaire de Bi Nhi et de Lang Son* reparaissent dans le *Massif du Bac Son*.

De nombreux affleurements attestent la continuité, en profondeur, des calcaires ouralo-permiens entre la terminaison méridionale de la Zone autochtone de l'Est de Cao Bang et le Bac Son.

Ces affleurements seront étudiés en même temps que le Secondaire de Bi Nhi et de Lang Son sous lequel ils paraissent.

Avant de continuer notre énumération des Massifs autochtones nous allons situer les *Schistes* que nous avons mentionnés plus haut.

FIG. 8. — Schéma structural du Nord-Est du Tonkin.

- LÉGENDE : I. — *Éléments autochtones externes*. — I a. Massif primaire du Dong Quan. — I b. Massif de l'Est de Cao Bang. — I c. Zone des affleurements primaires de Na Cham et de Lang Son. — I d. Massif primaire du Bac Son.
- II. — *Fenêtres (Terrains paléozoïques des arcs)*. — II a. Lung Xung. — II b. Arc du Coc Xo. — II c. Fenêtre de Yen Lac. — II d. Fenêtre du Song Niao.
- III. — *Fenêtres (Terrains cristallins du Centre du Tonkin)*. — III a. Massif du Haut Song Chay (Granites et gneiss). — III b. Soubassement cristallin de la région de Cho Chu. — III c. Massif cristallin du Centre du Tonkin.
- IV. — *Série intermédiaire*. — IV a. Schistes triasiques de Bi Nhi et de Lang Son. — IV b. Nappe des Schistes du Song Hiem. — IV c. Schistes de la Rivière Claire.
- V. — *Zone complexe du Bas Song Gam*.
- VI. — *Nappe du Song Gam*. — VI a. Lambeau du Binh Lang. — VI b. Lambeau du Kim Hi. — VI c. Nappes du Song Gam.

La Zone primaire du Dong Quan s'enfonce sous les Schistes de la vallée du Song Nhiem (Nappe du Song Mien de M. DEPRAT). De même, la Zone primaire de l'Est de Cao Bang et le Nord du Bac Son disparaissent par contact anormal sous l'immense pays des Schistes occupé par les bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang à l'Est, et à l'Ouest par les cours supérieurs du Song Nang et du Song Cau ; ces derniers sont en continuité avec les Schistes du Song Nhiem.

Ces Schistes occupent la même position tectonique que les terrains désignés dans d'autres régions par MM. JACOB [20] et DUSSAULT [18], sous le nom de « Série intermédiaire ». Comme il n'est pas prouvé que nos Schistes soient rigoureusement les mêmes, nous leur donnerons, pour éviter les confusions, le nom de *Schistes du Song Hiem*, du nom d'un affluent du Song Bang Giang dont le bassin est entièrement compris dans ces Schistes.

Ces Schistes du Song Hiem posent, par leur position et par les roches éruptives qu'ils renferment, d'intéressants problèmes.

Au voisinage du contact des Massifs autochtones externes, les Schistes du Song Hiem ont arraché, sous forme de lambeaux de poussée, des éléments du substratum, suivant une zone d'écaillements de bordure que nous étudierons en même temps que les Massifs autochtones voisins.

Le Secondaire de Bi Nhi et de Lang Son se trouve à la base des Schistes du Song Hiem et est décollé sur les affleurements ouralo-permiens qui continuent au Sud le Massif de l'Est de Cao Bang. Nous verrons que le Secondaire de Bi Nhi et de Lang Son et les Schistes du Song Hiem présentent certaines analogies et il semblerait logique de les étudier ensemble ; cependant, les Schistes du Song Hiem étant charriés sur le Secondaire comme ils le sont sur les Massifs primaires autochtones, nous avons cru préférable de décrire ce Secondaire avec les formations autochtones qu'il recouvre.

Revenons maintenant aux Massifs autochtones.

A l'intérieur de l'arc formé par la bordure des Massifs autochtones externes, le substratum paraît en fenêtres sous les Schistes du Song Hiem. Ces fenêtres s'alignent, comme nous l'avons dit, suivant deux arcs grossièrement concentriques.

L'arc oriental est jalonné du Nord au Sud par les affleurements discontinus suivants :

1° — *Le Massif du Lung Xung* qui n'est qu'un morceau du Lu Khu auquel il est encore attenant par sa pointe nord-est.

2° — Quelques affleurements calcaires dans la vallée du Tse Lao.

3° — *La Fenêtre de Phieng Dia*, petit affleurement de Dévonien supérieur qui se trouve à quelques kilomètres à l'Ouest de Cao Bang sur la route de Nguyen Binh.

4° — L'importante *Fenêtre de Yen Lac* qui nous a déjà retenus d'une façon particulière dans notre étude stratigraphique.

L'arc occidental que nous appelons Arc du Coc Xo, du nom d'un de ses principaux sommets, est de beaucoup le plus important. Il correspond à un anticlinal à axe courbe, dont la corde n'a pas moins de 125 kilomètres de long. Il semble se raccorder au Nord avec le Dong Quan, au Sud avec la pointe ouest du Bac Son, limitant, avec les Massifs autochtones externes, une région synclinale fermée au Nord et au Sud et dans laquelle les autres fenêtres ne sont que des accidents secondaires.

Nous pouvons reconnaître dans l'Arc du Coc Xo les éléments suivants, du Nord au Sud.

1° — Affleurements de la vallée du Song Niao.

2° — *Dôme du Nui Tong Tinh* dont le principal intérêt réside dans la présence du batholithe granulitique récent du Pia Oac.

3° — *Dôme de Ngan Son* dans lequel affleure un granite ancien.

4° — *Anticlinal* proprement dit *du Coc Xo*.

A l'Ouest de l'Anticlinal du Coc Xo, les terrains autochtones ne se rencontrent plus qu'à l'Ouest de la vallée de la Rivière Claire, dans le Massif du Haut Song Chay décrit par M. DEPRAT [8], et plus au Sud, dans le Massif cristallin du Centre du Tonkin. Une dépendance de ce Massif paraît en fenêtre dans la région de Cho Chu.

Les lambeaux charriés, constituant les terrains tectoniquement les plus élevés de notre série, sont conservés sur les Schistes du Song Hiem à la faveur de vastes dépressions synclinales. Le plus important d'entre eux remplit la dépression à axe courbe située entre le massif du Haut Song Chay d'un côté, et de l'autre, le Dong Quan et l'arc du Coc Xo ; nous avons donné à cette dépression le nom de *Synclinal de Lang Ca Phu* ; l'immense lambeau qui l'occupe, très complexe, sera décrit sous le nom de *Nappes du Song Gam*. Plus à l'Est des témoins avancés des Nappes du Song Gam sont les *lambeaux de recouvrement du Binh Lang*, au Nord-Ouest de Cao Bang, et du Kim Hi, au Nord-Est de Bac Kan, lambeaux correspondant aux massifs de mêmes noms que nous avons décrits dans notre aperçu géographique.

Nous mentionnons enfin les Bassins tertiaire de Cao Bang, de That Khe et de l'Est de Lang Son, et celui de Tuyen Quang, bassins postérieurs aux charriages. Nous avons personnellement visité les deux premiers qui feront l'objet d'un court chapitre.

L'exposé précédent va nous fournir le plan de notre étude. Dans les chapitres suivants, j'examinerai ceux des éléments tectoniques ci-dessus désignés que j'ai moi-même étudiés, dans l'ordre ci-après :

Chapitre I. — Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang.

Chapitre II. — La jonction des massifs autochtones externes : le Secondaire de Bi Nhi et de Lang Son, et la pointe nord du Bac Son.

Chapitre III. — Les Fenêtres.

Chapitre IV. — Les Schistes du Song Hiem et les Nappes du Nord-Est du Tonkin.

Chapitre V. — Les Bassins tertiaires.

Chapitre VI. — Les relations des éléments structuraux du Nord-Est du Tonkin.

CHAPITRE I

LE MASSIF AUTOCHTONE PRIMAIRE DE L'EST DE CAO BANG

Le schéma tectonique au 1/200.000^e (Pl. XXII) montre l'allure de ce massif. Nous n'avons figuré sur ce schéma que les éléments stratigraphiques suivants :

1° — Schistes et grès inférieurs aux Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Ces schistes et grès appartiennent, ainsi que nous l'avons vu dans notre étude stratigraphique, au Dévonien, plus exactement à la base du Dévonien moyen.

Cette série, dans laquelle il est difficile de séparer des horizons, forme l'élément le plus bas de la Zone primaire, et ses affleurements au centre des anticlinaux contribuent, pour une large part, à mettre en relief la structure du pays.

2° — Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Bien que ces terrains, en continuité stratigraphique complète avec les précédents, ne s'en distinguent ni par un aspect géographique spécial, ni par une position tectonique différente, nous avons cru devoir les séparer sur notre schéma à cause de leur extrême constance dans toute la Zone primaire. Cet élément, facile à reconnaître sur le terrain et partout fossilifère, est un guide précieux qui paraît avoir échappé presque complètement aux étirements si fréquents dans les autres séries.

3° — Calcaires dévoniens, supérieurs aux Schistes à *Spirifer*.

La série théorique comprendrait, dans la région considérée, les éléments suivants énumérés de haut en bas :

Dévonien supérieur	{ Calcaires griottes colorés. Schistes tendres en plaquettes à <i>Styliola</i> .
Givétien	{ Calcaires de Ha Lang : série formée de calcaires à phtanites et de calcaires à <i>Polypiers</i> avec intercalations, souvent très importantes, de lydiennes. Calcaires à <i>Stringocephalus Burtini</i> DEFANCE.
Partie supérieure de l'Eifélien	{ Calcaires eiféliens, parfois massifs, souvent dolomitiques, avec bancs de calcaires à <i>Alveolites</i> et récifs à <i>Stromatoporidae</i> .

Tous ces éléments sont en continuité stratigraphique et passent de l'un à l'autre, mais, par suite des étirements, la série complète n'existe nulle part dans le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang (Voir Partie stratigraphique).

Leur ensemble, pétrographiquement très différent des terrains sous-jacents, forme un élément très important dans le modelé de la région.

4° — Calcaires ouralo-permiens.

Ces derniers, généralement discordants sur l'ensemble des terrains dévonien, forment un élément tectonique indépendant.

Nous rappellerons que, dans toute la région autochtone de l'Est de Cao Bang, l'Ouralien se présente sous la forme de calcaires très massifs, à grain fin, de teinte généralement claire blanche, jaune, rose, bleue, etc... Il n'est presque jamais fossilifère, si l'on excepte les tiges d'encrines et les foraminifères que le microscope y décèle assez souvent. Il présente presque toujours à sa base une brèche de friction à ciment de calcite, parfois très épaisse,

Il est souvent accompagné d'une roche ferrugineuse sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir.

Le schéma réduit à ces éléments, et sur lequel figurent quelques pendages d'ensemble, met en relief une disposition en dômes et cuvettes, ou mieux dépressions synclinales ; ces accidents sont assez nombreux ; la légende du schéma en donne le détail.

Quelques uns des dômes ou anticlinaux beaucoup plus importants que les autres permettent de délimiter de grandes dépressions synclinales complexes. Nous allons tout d'abord les énumérer pour y trouver le plan de notre exposé.

L'enclave de pénétration que le Nord-Est du Tonkin dessine dans la partie est du Territoire de Cao Bang, sur la bordure du Kouang Si, est traversée en son milieu suivant une direction nord-est — sud-ouest, par un anticlinal venant de Chine. C'est l'Anticlinal ou Dôme du Bong Son, d'après le nom d'une commune qui en occupe la majeure partie.

Cet Anticlinal s'amincit vers le Sud-Ouest ; sa direction tourne et devient d'abord est-ouest, puis nord-ouest, pour se raccorder ensuite avec une digitation d'un autre grand ensemble anticlinal, l'Anticlinal complexe de Tra Linh. Cet Anticlinal de Tra Linh, de direction nord-ouest se trouve dans le prolongement, interrompu il est vrai, d'autres accidents de même direction situés au Sud-Est dont le principal est le Dôme de Cach Linh.

Les trois anticlinaux que nous venons d'énumérer délimitent déjà deux grandes régions synclinales, le Pays de Trung Khanh Phu dans l'angle nord, entre l'Anticlinal du Bong Son et celui de Tra Linh, le Pays de Ha Lang dans l'angle sud entre l'Anticlinal du Bong Son et le Dôme de Cach Linh.

A l'Ouest-Sud-Ouest de la ligne Tra Linh — Cach Linh se trouvent les vastes pays calcaires connus sous les noms de « Lu Khu » et de « Pays de Quang Uyen ». Nous étudierons successivement ces deux Pays qui ne correspondent en réalité qu'à une seule et même dépression synclinale, et ne sont séparés que par la route de Cao Bang à Tra Linh.

Enfin, au Sud du Quang Uyen, prend place l'ensemble anticlinal de Dong Khe.

Nous étudierons le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang dans l'ordre suivant :

- 1 — Anticlinal du Bong Son.
- 2 — Anticlinal de Tra Linh.

- 3 — Pays de Trung Khanh Phu.
- 4 — Dôme de Cach Linh.
- 5 — Pays de Ha Lang.
- 6 — Le Lu Khu et le Quang Uyen.
- 7 — La Région de Dong Khe.
- 8 — Relations du Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang avec les Schistes du Song Hiem.
- 9 — Les roches éruptives dans le Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang.
- 10 — Conclusions d'ensemble sur la structure du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang.

I. — L'ANTICLINAL DU BONG SON (1)

L'Anticlinal du Bong Son forme une grosse hernie de direction nord-est — sud-ouest. C'est le prolongement au Tonkin d'un accident situé en Chine et dont nous ne connaissons ni la structure, ni l'étendue, au delà de la frontière.

Comme nous l'avons dit dans notre exposé, l'Anticlinal du Bong Son admet au Sud-Ouest une torsion par laquelle il se raccorde à une digitation orientale de l'Anticlinal de Tra Linh.

Il émet au milieu de sa longueur, sur son flanc nord, un diverticule est-ouest, l'Anticlinal du Khan Pung. Au Sud, un petit dôme annexe, le Dôme de Duong Ang, se raccorde par sa partie ouest avec l'Anticlinal du Bong Son dont il constitue ainsi une digitation.

L'Anticlinal du Bong Son sépare comme nous l'avons vu deux grandes dépressions synclinales. Celle du Nord, le Pays de Trung Khanh Phu, admet en son centre un bossellement, le Dôme de Na Man, qui permet de décomposer, sur la bordure du Bong Son, le Pays de Trung Khanh Phu en plusieurs éléments qui sont :

1° — Le Synclinal calcaire de Ban Gioc, entre le Dôme de Na Man et le flanc nord du Bong Son.

2° — Le petit Synclinal de Bo Da qui prolonge, entre le Dôme de Na Man et l'Anticlinal du Khan Pung, le Synclinal de Ban Gioc.

3° — Le Synclinal de Tu My, entre l'Anticlinal du Khan Pung et la courbe que forme au Sud-Ouest l'Anticlinal du Bong Son .

La grande dépression synclinale du Sud, ou Pays de Ha Lang, est faiblement bosselée. En sa partie nord, sur la bordure du Bong Son, un synclinal naît entre le Bong Son et le petit Dôme de Duong Ang. La cuillère ainsi formée est occupée par les rochers du Loung-Tinh. Ce synclinal, le Synclinal de Vinh To, prend une certaine extension vers le Nord-Est où il renferme une épaisse série calcaire.

Plus au Nord entre son prolongement et le Bong Son, se trouve le Pays de Ban Cra, qui n'est autre qu'une extension des terrains formant le flanc sud-est du Bong Son.

(1) Voir en outre du schéma Pl. XXII les coupes de la Pl. XXIII.

Ces indications générales étant données, nous pouvons aborder l'étude détaillée de l'Anticlinal du Bong Son et de ses dépendances.

Le centre de l'Anticlinal (Pl. XXIII, coupes 1 et 11) est formé de schistes tendres avec quelques schistes ardoisiers. Au-dessus viennent des grès plus ou moins grossiers bien visibles à Khuoi Ray (vers le milieu du flanc nord-ouest de l'Anticlinal); il y a même, en de rares points, de vrais poudingues, comme à Na Ngan (milieu du flanc sud-est de l'Anticlinal).

Ces grès sont entremêlés de schistes et admettent aussi des quartzites, souvent à l'état de brèches; quelques minces bancs de calcaires noirs se rencontrent en divers points; ces différents éléments sont loin d'être continus.

Ces grès et schistes, dont nous avons discuté l'âge dans notre troisième partie, supportent la série des Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, horizon très constant, comme nous l'avons dit, dans toute la partie tonkinoise de l'Anticlinal du Bong Son.

Vers le milieu de sa longueur, dans la section tonkinoise, de direction nord-est — sud-ouest, le Bong Son, formé des terrains énumérés ci-dessus montre en coupe transversale (coupe 11, Pl. XXIII) des pendages très faibles, surtout sur son flanc sud-est. Un tout petit synclinal, terminaison orientale du Synclinal de Tu My, prend naissance au ravin de Khuoi Ray (près de Po Tau sur la route de Po Tau à Ha Lang). Une coupe prise à 1 kilomètre plus à l'Est montrerait les deux flancs du Bong Son pendant régulièrement de part et d'autre sans aucun accident secondaire.

Plus à l'Est encore, suivant la coupe de la Kouei Chouan, l'Anticlinal se divise en deux ou trois plis serrés que montre la coupe 1, Pl. XXIII.

Ces plis sont assez difficile à distinguer parce qu'ils sont masqués par les alluvions de la vallée et qu'ils n'intéressent que les couches les plus inférieures. Ils n'affectent que le flanc nord du Bong Son, comme on peut le voir sur la même coupe; le flanc sud offre un pendage régulier sans aucun repli de ce genre.

Attachons-nous maintenant à l'allure de la bordure sur les deux flancs du Bong Son. Commençons par la bordure nord.

Entre Po Tau et la frontière, les Schistes du Bong Son plongent sous l'ensemble calcaire, appartenant à divers niveaux de l'Eifélien et du Givétien, du Synclinal de Ban Gioc. L'Ouest du contact, occupé par une petite vallée, est masqué. On voit cependant, à quelques centaines de mètres à l'Est de Po Tau, reposant sur les pentes des collines schisteuses du Bong Son, de petits témoins calcaires qui permettent de rétablir la continuité.

Aux environs de Po Tau les pendages sont très faibles; mais ils se redressent rapidement à mesure qu'on avance vers l'Est et, à la frontière, les bancs deviennent verticaux en même temps qu'ils tournent assez brusquement vers le Nord.

Ce sont ces bancs qui forment le splendide barrage naturel de Ban Gioc, dont nous avons eu l'occasion de parler dans notre introduction géographique (Voir Photographie C, Pl. II). Ces mêmes bancs, toujours très redressés, traversent la frontière et sont surmontés en Chine par une falaise ouralo-permienne orientée est-ouest, visible au Nord de Ban Gioc.

Il convient maintenant d'indiquer de quels éléments stratigraphiques se compose l'ensemble calcaire du Synclinal de Ban Gioc.

Ces calcaires sont, de haut en bas :

Ouralo-permien avec très importante brèche de friction à la base.

Calcaire de Ha Lang,

Calcaires et dolomies eiféliens, avec récifs à *Stromatoporidés*.

En dehors de la falaise située en Chine dont il a été question ci-dessus, les calcaires ouralo-permiens ne sont représentés que par un petit paquet au Sud de Ban Gioc ; ces calcaires ouraliens sont presque entièrement à l'état de brèche à ciment de calcite ; ce paquet s'appuie sur des calcaires eiféliens et des Calcaires de Ha Lang complètement écrasés, sans discordance angulaire sensible (coupe 1 Pl. XXIII). Mais au Nord-Est, en Chine, les calcaires ouraliens sont presque horizontaux et coupent, au moins localement, les bancs calcaires à peu près verticaux appartenant au Dévonien.

Ce coin est assez disloqué et l'on peut voir aux environs de Phuong Yen (Sud de Ban Gioc) une falaise formée de bancs couchés et tordus de Calcaires de Ha Lang, en contact avec la Brèche ouralienne, suivant un plan vertical. Les calcaires eiféliens sont ici étirés et les Calcaires de Ha Lang s'appuient directement sur les Schistes à *Spirifer* du Bong Son.

Les calcaires eiféliens reparaissent dans la vallée de la Kouei Chouan où on les voit depuis la frontière est, près de Ban Gioc, jusqu'au Dôme de Na Man ; ils forment de petits pitons en pain de sucre et de courtes arêtes, et même de simples bancs au milieu desquels serpentent les nombreux bras, parsemés de rapides, de la rivière.

La plaine entourant le poste de Ban Gioc est un grand lapiès des mêmes calcaires, injectés et décolorés partiellement par une ophite labradorique qui forme en divers points des mamelons bas au milieu des calcaires.

Au Nord de la Kouei Chouan, sur la frontière nord, les Calcaires de Ha Lang prennent une extension assez considérable et vont disparaître à l'Est sous la falaise ouralienne déjà mentionnée, qui s'éloigne vers le Nord.

Dans toute cette région les pendages sont très faibles, sauf au contact de l'Ouralien, au Sud de Ban Gioc. L'ensemble des calcaires remplit un synclinal à fond plat qui semble limité au Nord par un dôme ou un anticlinal situé en Chine et qui montre, de loin, des pentes herbeuses de même aspect que celles du Bong Son.

Les Calcaires dévoniens du Synclinal de Ban Gioc se continuent vers l'Ouest entre le Dôme de Na Man et le petit Anticlinal du Khan Pung, remplissant le Synclinal de Bo Da.

Aux environs de Po Tau, ils se prolongent vers le Sud-Ouest à la faveur du tout petitsynclinal annexe de Ban Viet, qui pénètre légèrement entre le massif principal du Bong Son et le diverticule du Khan Pung.

Les environs de Po Tau, très attaqués par l'érosion, présentent ainsi des rochers calcaires appartenant à la fois : α . au petit Synclinal de Ban Viet qui prolonge par dessus la naissance du Khan Pung le Synclinal de Tu My ; β . au Synclinal de Bo Da ; γ . au Synclinal de Ban Gioc.

La Photographie B de la Planche II montre l'allure du pays.

L'Anticlinal du Khan Pung, qui n'a pas plus de huit ou dix kilomètres de long sur environ deux de large, forme, au Sud-Est de Trung Khanh Phu, une arête orientée est-ouest dont les deux sommets principaux ont 774 et 873 mètres.

Il est déversé vers le Nord en son milieu comme on peut le voir sur la coupe iv, Pl. XXIII ; mais le pli est progressivement moins accentué, puis vient disparaître vers l'Est dans le flanc nord de l'Anticlinal du Bong Son ; la coupe iii prise un peu à l'Ouest de Po Tau le montre déjà beaucoup moins marqué ; il est encore visible sur la coupe ii où il forme la petite crête qui domine au Nord-Ouest le ravin de Khuoi Ray.

Il s'atténue de même progressivement vers l'Ouest et se termine péricleinalement dans les calcaires eiféliens aux abords de la route de Trung Khanh Phu à Tong Hue.

Il écrase entre sa masse et le flanc sud du Dôme de Na Man le Synclinal de Bo Da, suivi par la route de Trung Khanh Phu à Ban Gioc, et dans lequel s'interposent, entre les calcaires eiféliens et les Calcaires de Ha Lang, des calcaires noirs à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE.

La coupe iv, Planche XXIII', montre les calcaires eiféliens du Synclinal de Tu My reposant sur le pli couché du Khan Pung. L'axe de l'Anticlinal couché est en grès identiques aux grès du Bong Son. Cet axe est marqué par les sommets du Nui Khan Pung.

Les schistes du flanc inverse sont très écrasés. Les calcaires eiféliens sont masqués en grande partie par les alluvions. On en voit cependant quelques affleurements, particulièrement au bas de la pente au Sud de Bo Da ; ils sont très laminés. Les calcaires à *Stringocephalus Burtini*, complètement en bouillie, forment sur le bord de la route quelques petits rochers.

Enfin la Série de Ha Lang est bien représentée. C'est elle qui occupe le fond du Synclinal de Bo Da et la couverture du Dôme de Na Man ; l'axe du Synclinal est constitué par des calcaires à phtanites, le flanc est étant surtout composé de lydiennes.

Les schistes eiféliens fossilifères reparaissent en petit dôme à 1500 m. au Sud de Trung Khang Phu, séparés de la fin de l'Anticlinal du Khan Pung par un petit synclinal à flancs peu inclinés de calcaires noirs eiféliens, continuation des calcaires de Bo Da ; ces éléments, couvrant une très petite surface, n'ont pas été figurés sur le schéma tectonique de la Zone autochtone primaire de l'Est de Cao Bang (Pl. XXII).

Les calcaires à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE ne forment qu'un petit paquet tout de suite étiré entre les Calcaires de Ha Lang et les calcaires eiféliens ; ces derniers sont eux-mêmes étirés sur le flanc nord du Synclinal de Bo Da entre les Calcaires de Ha Lang et les schistes probablement eiféliens du Dôme de Na Man. Il y a là une zone intermédiaire à peu près impossible à délimiter, formée de schistes avec lames de calcaires étirés où tous les terrains sont broyés et mélangés.

Entre l'Anticlinal du Khan Pung et l'arc formé par la torsion au Sud-Ouest de l'Anticlinal du Bong Son, se trouve une dépression synclinale presque complètement fermée, à flancs peu redressés et à fond très plat, le Synclinal de Tu My. Il renferme des calcaires eiféliens que quelques témoins, dont l'un est visible sur la coupe iii, réunissent à ceux du Synclinal de Ban Gioc. Ces calcaires, bien développés au Nord-Est sur le flanc sud de l'Anticlinal du Khan Pung, existent presque partout, plus ou moins amincis, le long de l'arc formé par l'Anticlinal du Bong Son, en bordure des Schistes à *Spirifer*. Ces calcaires eiféliens supportent des Calcaires de Ha Lang et un paquet assez important d'Ouralo-permien avec brèche considérable à ciment de calcite.

Les Calcaires de Ha Lang s'étirent vers le Sud et l'Est où les calcaires ouraliens sont en contact direct avec les calcaires eiféliens, et même, en de rares points de l'arc

formé par l'Anticlinal du Bong Son, avec les Schistes à *Spirifer*, suivant une zone très broyée. Ils prennent plus d'extension vers le Nord-Ouest où ils forment le « Plateau de Hang Ga » que nous étudierons avec l'Anticlinal de Tra Linh. Ils sont bien développés dans la région de Tong Hue où ils sont constitués par trois ou quatre barres calcaires noyées dans les lydiennes (coupe Fig. 9, p. 132).

Les calcaires ouraliens occupent le Sud du Synclinal de Tu My où ils forment le Massif du Binh Lang (1).

Un paquet étiré de calcaires à *Stringocephalus Burtini* est visible sur les bords de la Nam Ta à Na Phe (3 kilomètres au Nord-Ouest de Tong Hue).

Le flanc sud-ouest de la branche nord-ouest de l'Anticlinal du Bong Son supporte, par l'intermédiaire d'une mince bande de calcaires eiféliens et de Calcaires de Ha Lang, les calcaires ouraliens du Pays de Quang Uyen (coupe Fig. 9, p. 132).

Dans tout le Synclinal de Tu My et sur la bordure de la branche nord-ouest de l'Anticlinal du Bong Son, les divers éléments, plus ou moins étirés, ne présentent pas de discordances angulaires sensibles. Mais la direction des plis est devenue nettement nord-ouest — sud-est contre la bordure du Quang Uyen.

Les coupes I et II de la Pl. XXIII ainsi que celle de la figure 2, p. 72, donnent l'allure du flanc sud-est de l'Anticlinal du Bong Son qui plonge faiblement et régulièrement sous la masse calcaire qui remplit le Synclinal de Vinh To.

Si l'on se rend du marché de Po Tau à Ha Lang (coupe II, Pl. XXIII) on suit, après avoir traversé les crêtes du Bong Son, le ruisseau de Na Hat qui vient se perdre à l'altitude de 410 m. sous les calcaires du Synclinal de Vinh To, à quelques centaines de mètres au Sud de Ban Cong.

Entre Phieng Phia et Ban Cong on traverse successivement des grès, des schistes lie-de-vin, et les Schistes eiféliens fossilifères, appartenant à l'Anticlinal du Bong Son ; de là, la route monte immédiatement dans des éboulis de calcaires noirs eiféliens jusqu'à Lung Hoai.

De Lung Hoai au col, le chemin traverse d'abord des calcaires noirs eiféliens en place ; au col même, et au col seulement, on trouve de la brèche à ciment de calcite blanche, identique à celle qui existe partout à la base de l'Ouralien. Du col au bas de la descente, vers Bo Mu, on ne rencontre plus en place que les calcaires noirs eiféliens. Mais le sol est jonché de morceaux de calcaires blancs et de brèche à ciment de calcite, descendus des hauteurs. De plus, le fond des cirques montre constamment des débris d'une roche verte particulièrement altérée ; c'est une labradorite typique pénétrant dans l'Eifélien dont elle a décoloré les calcaires (2). Le chemin très pittoresque (Photographie A, Pl. III) est dominé des deux côtés par des pics élevés, démantelés, aux formes les plus étranges, dont le point culminant atteint 812 m. Toute la partie haute est en calcaire blanc reposant par contact anormal sur les calcaires eiféliens. La preuve du

(1) Ne pas confondre le Binh Lang de la Zone autochtone de Cao Bang avec le Massif de même nom, situé au Nord du Pia Oac, que nous décrirons ultérieurement et qui est un lambeau de recouvrement appartenant aux Nappes du Song Gam.

(2) La roche verte paraît se présenter ici en filon couche suivi par le défilé et la route. La décoloration des calcaires semble avoir affecté, de part et d'autre de ce filon, une zone assez étroite.

contact anormal est fournie par l'aspect de la brèche de base, qui contient uniquement des morceaux anguleux de toutes dimensions des calcaires supérieurs, noyés dans de la grande calcite cristallisée. Les morceaux de calcaire eux-mêmes se révèlent, au microscope, comme complètement écrasés, et ne laissent plus voir aucune structure reconnaissable d'organisme. De plus, les calcaires noirs inférieurs sont souvent laminés.

La base de ce massif calcaire complexe repose au Nord en concordance, avec un pendage très faible, sur les Schistes à *Spirifer* du Bong Son. La direction est celle de la bordure du Bong Son, c'est à dire est-ouest dans la partie ouest du contact, et sud-ouest — nord-est dans la partie est, contre la région de Ban Cra.

La Photographie B, Pl. X montre le contact de l'Ouralien et du Dévonien.

Le Massif calcaire de Vinh To se présente donc comme un synclinal à fond très plat, à bords très peu relevés, sous lequel va sortir au Sud le Pays de Ha Lang.

Le contact au Sud, du Pays de Ha Lang et des Calcaires ouraliens du Synclinal de Vinh To, est beaucoup moins net que le contact nord.

Il a lieu suivant une ligne à peu près droite est-ouest.

Les calcaires ouraliens s'appuient indifféremment sur tous les termes inférieurs, jusqu'à et y compris les Schistes à *Spirifer*.

On peut voir le contact des calcaires blancs et des Schistes à *Spirifer* fossilifères à côté de Lung Sot (environ 7 kilomètres à l'Est de Ha Lang).

A Bo Mu les calcaires ouraliens sont en contact avec les calcaires eiféliens.

A Nam Tat (5 kilomètres Est de Ha Lang) nous pouvons observer le contact de l'Ouralien avec les Calcaires de Ha Lang.

En remontant vers le Nord-Est suivant le contact sud-est des Schistes et grès du Bong Son, les environs de Ban Cra fournissent une coupe particulièrement nette qui montre admirablement la superposition des divers terrains, coupe qui nous a déjà donné (Fig. 4, p. 80) une série stratigraphique intéressante. Le voyageur allant de Ban Gioc à Ban Cra par un beau temps peut voir au Sud-Est, en arrivant au coude de la Kouei Chouan marqué par la borne 52, une splendide série d'aspect continu, faiblement inclinée vers le Sud-Est et montant en énormes gradins du ruisseau qui longe le pied des collines de l'Anticlinal du Bong Son, jusqu'aux rochers élevés, aux silhouettes crénelées, qui supportent à l'horizon quelques forts chinois, véritables nids d'aigles presque inaccessibles.

Malgré l'allure tranquille que les couches présentent en apparence, les environs de Ban Cra sont loin d'être simples dans le détail.

Les griottes ne forment qu'un paquet qui ne se continue ni au Nord ni au Sud. Il en est de même des schistes en plaquettes qui appartiennent à la même formation que les griottes.

Au Sud de cette même région les contacts sont tout à fait brouillés, et compliqués par quelques petites cassures : les griottes et les schistes en plaquettes disparaissent ; l'Ouralo-permien du Massif de Vinh To prend de l'extension et s'appuie directement sur les Calcaires de Ha Lang et même sur les calcaires eiféliens.

Au Sud-Ouest de l'Anticlinal du Bong Son, vers Lung Mo, la coupe est très simplifiée (Fig. 2, p. 72).

Les Schistes à *Spirifer* du Bong Son supportent seulement les Calcaires eiféliens et les Calcaires ouralo-permiens qui forment les rochers de Lung Tinh, (terminaison

au Sud-Ouest du Synclinal de Vinh To), avant de reparaitre pour former le petit Dôme de Duong Ang qui n'est autre chose qu'un diverticule émis vers l'Est par la partie la plus méridionale du Bong Son.

Les schistes du Dôme de Duong Ang et de la partie sud de l'arc du Bong Son plongent faiblement vers le Sud, sous le Pays de Ha Lang; en ces points ils supportent directement les Calcaires de Ha Lang; les calcaires eiféliens, très étirés, ne montrent plus que quelques rares témoins.

Ainsi la bordure sud-est du Bong Son nous présente un contact sans discordance angulaire, mais où les éléments et suppressions de série entre les Schistes à *Spirifer* du Bong Son et l'Ouralien de la Barrière de Vinh To, sont de plus en plus accentués depuis le Nord, où la coupe de Ban Cra nous montre une série du Dévonien moyen à peu près complète, jusqu'au Sud où, dans la coupe de Lung Mo, ne subsistent plus que les calcaires eiféliens.

Sur la bordure sud-est du Bong Son les étirements plus irréguliers mettent, comme nous venons de le voir, l'Ouralien en contact avec tous les termes du Dévonien moyen. Mais nulle part les strates de l'Ouralien ne coupent les plis du Dévonien; partout, le contact se fait par l'intermédiaire de la brèche ouralienne à ciment de calcite.

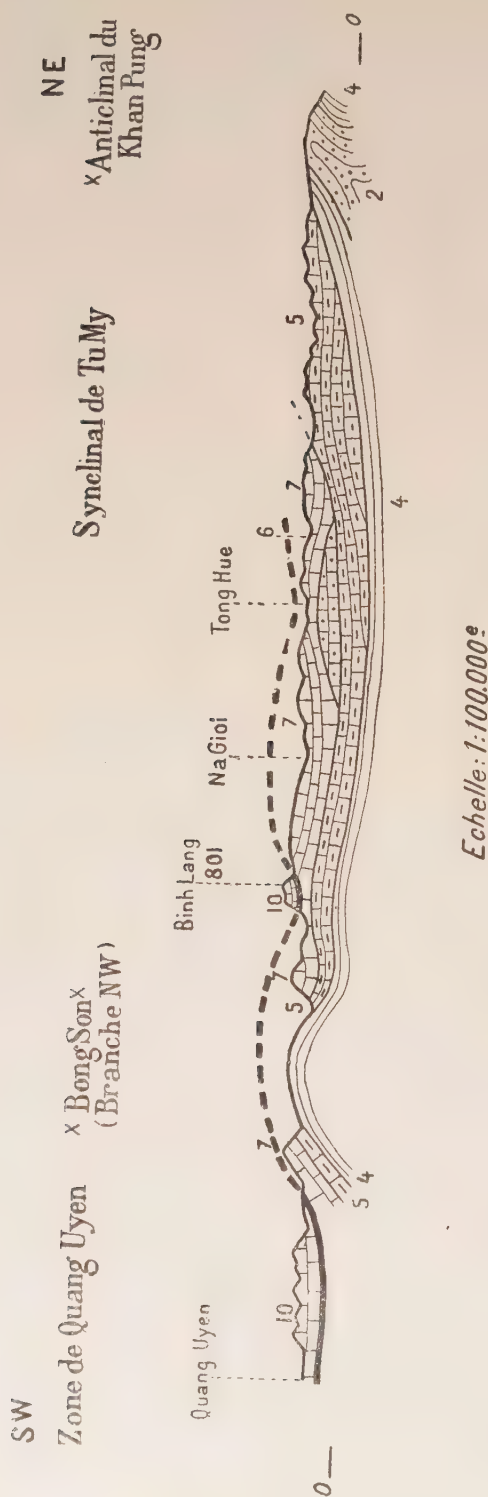


FIG. 9. — Coupe de la branche nord-ouest du Bong Son et du Synclinal de Tu My.

LÉGENDE : 2. Grès. — 4. Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHL — 5. Calcaires et dolomies eiféliens. — 6. Calcaires givéliens à *Strin-*
gocephalus Burtini DEFANCE. — 7. Série de Ha Lang. — 10. Ouralo permien.

2. — L'ANTICLINAL DE TRA LINH.

C'est en réalité un faisceau de plis dévoniens serrés, de direction nord-ouest — sud-est qui, à la faveur d'une surélévation d'axe, va former une hernie composée surtout de schistes et de grès. Cette hernie occupe à peu près, au Tonkin, un rectangle de quinze à seize kilomètres de long sur six à sept de large, dont le grand côté est orienté nord-ouest. Ce rectangle, qui se continue en Chine, est traversé obliquement par la vallée nord-sud de Tra Linh.

A l'Est de la vallée on voit de grands mamelons arrondis dont les sommets atteignent 962 et 976 mètres. C'est un dôme très net dont le centre est occupé par des schistes et des grès micacés identiques à ceux du Bong Son. La périphérie est en schistes eiféliens fossilifères. Au Sud ce dôme disparaît par indentations sous l'Ouralien du Quang Uyen ; la plus orientale de ces indentations est celle qui se prolonge par la branche de direction nord-ouest de l'Anticlinal du Bong Son.

La jolie vallée de Tra Linh, profondément érodée à l'altitude de 650 m., laisse entièrement sur sa rive gauche la grande masse des schistes et des grès. Elle suit d'assez près le contact des Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM et des calcaires noirs eiféliens, et montre un peu partout des rochers de ces calcaires restés en saillie sur la plaine par le travail de l'érosion.

Ces petits pitons calcaires se mettent facilement en alignement et constituent un faisceau de plis serrés (coupe 1, Fig. 10, p. 134). On peut voir tel de ces rochers isolé dans la plaine près de Tra Linh et formant les deux flancs d'un synclinal, tandis que les schistes eiféliens plus profondément érodés sont masqués par les alluvions ; mais les contacts entre calcaires et schistes fossilifères sont visibles en de nombreux points sur le côté ouest de la vallée.

L'ensemble des plis dévoniens ne tarde pas à disparaître à l'Ouest sous les calcaires ouralo-permiens du Lu Khu qui, avec des altitudes dépassant 900 mètres, reposent indifféremment sur les Schistes à *Spirifer* ou sur les calcaires eiféliens.

Un petit paquet des Calcaires de Ha Lang se voit près de Ban Tau sur la route de Tra Linh à Soc Giang, à 6 kilomètres du poste de Tra Linh :

Tout à fait au Nord, une lame des Calcaires de Ha Lang et quelques griottes s'introduisent entre les calcaires eiféliens et l'Ouralien. Sur le flanc est de l'Anticlinal cette lame est particulièrement froissée et a donné, au contact des calcaires ouraliens, une brèche curieuse contenant des débris de calcaire noir et des morceaux rectangulaires de phanites englobés dans un ciment calcaire (1). Au voisinage il y a quelques bancs de calcaires laminés à peu près identiques aux griottes de Ban Cra et de Ha Lang. Les bancs sont presque verticaux.

3. — LE PAYS DE TRUNG KHANH PHU.

Nous avons vu que les Anticlinaux de Tra Linh et du Bong Son délimitent une vaste région synclinale à laquelle nous avons donné le nom de Pays de Trung Khanh Phu. Ce Pays de Trung Khanh Phu admet, comme nous avons déjà eu occasion de le

(1) Des brèches identiques existent dans la région de Dong Van, voir Ch. JACOB et R. BOURRET [21 p. 32].

dire, un bossellement, le Dôme de Na Man, qui permet de le décomposer en plusieurs éléments. Nous avons examiné et étudié ceux de ces éléments appartenant à la bordure du Bong Son ; le dernier d'entre eux, au Sud-Ouest, est le Synclinal de Tu

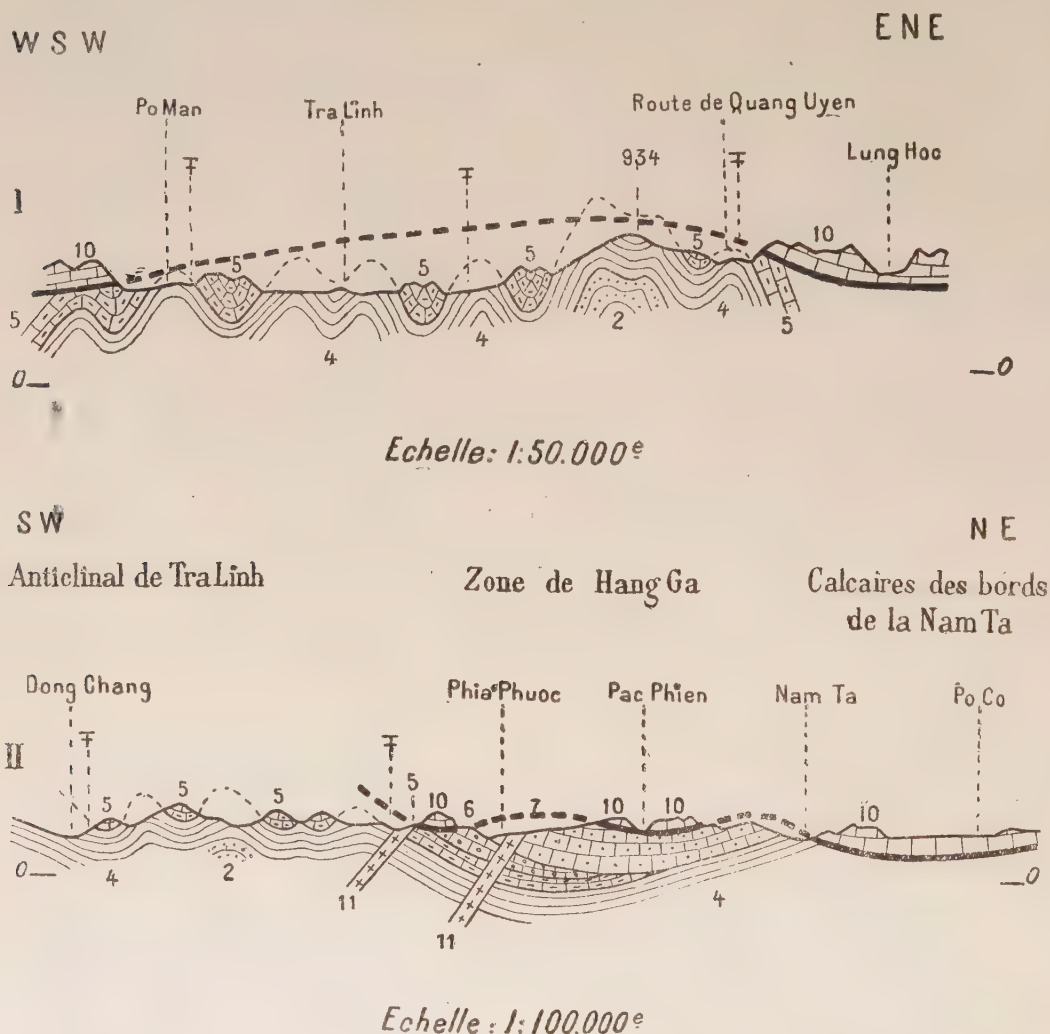


FIG. 10. — Coupes de l'Anticlinal de Tra Linh et de la Zone de Hang Ga.

LÉGENDE : 2. Grès. — 4. Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHL. — 5. Calcaires et dolomies eiféliens. — 6. Calcaires givétiens à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE. — 7. Série de Ha Lang. — 10. Calcaires massifs ouralo-permiens avec brèches à ciment de calcite à la base. — 11. Ophites et labradorites.

My, qui se prolonge vers le Nord-Ouest, le long de l'Anticlinal de Tra Linh, constituant la Zone de Hang Ga. Cette Zone s'appuie à l'Est sur le Dôme de Na Man. Les calcaires ouraliens recouvrent partiellement cet ensemble et prennent une extension considérable dans la dépression qui fait suite vers le Nord au Dôme de Na Man, où ils forment les massifs du Phong Nam, du Lung Dinh et du Binh Xa.

Ces derniers se prolongent vers le Sud par les Calcaires de la Nam Ta.

Les coupes Fig. 11 p. 136, et 11 Fig. 10, p. 134, montrent l'allure de la Zone de Hang Ga ; cette Zone ne renferme guère comme matériaux que la Série de Ha Lan avec dolomies et calcaires à phtanites, et, en plus des lydiennes de la Série de Ha Lang, quelques schistes tendres argileux visibles notamment sur le côté ouest, le long de la route de Tra Linh à Trung Khanh Phu.

Des calcaires noirs ou blancs à *Stringocephalus Burtini* DEFRANCE existent à la base en deux points seulement : à Na Bao près du blockhaus de Bong Gao, et à Pho Phuoc.

(Nous avons déjà signalé ceux de Na Phe en parlant du Synclinal de Tu My).

L'ensemble dévonien, comme on peut le voir aux environs de Hang Ga, sur la route de Tra Linh à Trung Khanh Phu, est bien lité et d'apparence assez tranquille, sauf sur les bords, au contact des calcaires ouraliens (1).

La Zone de Hang Ga forme vers le Nord un synclinal faiblement replissé, de sorte qu'un anticlinal allongé le divise en deux synclinaux parallèles ; l'un d'eux est rempli par les calcaires ouraliens dont on voit des débris du côté de Hang Ga.

Vers le Sud elle supporte le Massif calcaire du Binh Lang (2). Au Nord s'appuient sur ses flancs les Massifs du Deou Leou et des rives de la Nam Ta.

Les calcaires massifs du Deou Leou coupent à l'Ouest les plis eiféliens de l'Anticlinal de Tra Linh et de son prolongement au Sud (Voir coupe d'ensemble v, Pl. XXIV).

Ces contacts, toujours très froissés, se font avec interposition d'une masse souvent très considérable de la Brèche formée de calcaires ouraliens en débris anguleux de toutes dimensions, noyés dans un ciment de calcite cristallisée en grands rhomboèdres, généralement blanche, parfois colorée de teinte légère, rose, jaune, etc... que nous avons déjà signalée à la base de l'Ouralien. La Photographie E, Pl. VIII montre l'allure d'un contact des calcaires ouraliens avec le Dévonien.

Les calcaires ouraliens recoupent également à l'Est les plis dévoniens de la Zone de Hang Ga, qu'ils plissent localement en divers endroits au point de former des synclinaux aigus où sont pincés des débris d'Ouralien.

Tel est le curieux rocher que l'on voit au Nord-Ouest de la route de Hang Ga à Tra Linh (coupe Fig. 11) avant d'entrer dans les Calcaires du Deou Leou.

Aux environs de Hang Ga, il reste, au fond d'un petit synclinal, quelques débris de calcaires ouralo-permiens très écrasés ; on peut voir, au Nord de Hang Ga, un rocher posé comme un œuf sur un coquetier.

Les Calcaires de la Nam Ta, toujours avec interposition considérable de brèche à ciment de calcite, s'appuient sur les calcaires à phtanites du Dôme de Na Man et sur la Zone de Hang Ga en coupant les couches (Voir coupe II, Fig. 10 ci-contre) ; le contact a lieu suivant une zone très broyée visible le long des rives de la Nam Ta, avec brèche comprenant des débris des terrains supérieurs et inférieurs souvent noyés dans un ciment de terre rouge ferrugineuse.

Aux environs de Na Gioc (Nord du cours de la Nam Ta, au Tonkin), les calcaires dévoniens particulièrement laminés s'enfoncent vers l'Est sous la brèche complexe de

(1) Les calcaires et schistes de la Zone de Hang Ga sont parfois minéralisés et l'on y trouve quelques traces de galène. Il n'y a jamais eu d'exploitation.

(2) Voir Note infrapaginale p. 130.

la base de l'Ouralien, pendant également vers l'Est. On peut voir aussi, notamment à Na Gioc (au Sud de Ban Gao) et à Ban Sac, les bancs dévoniens très laminés et tordus.

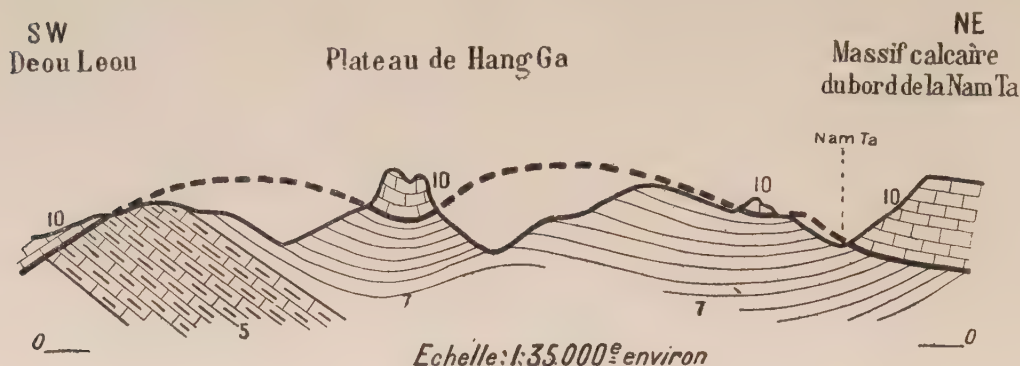


FIG. 11 — Coupe du Plateau de Hang Ga au Nord de Ban Ngan.

LÉGENDE : 5. Calcaires noirs dolomitiques eiféliens. — 7. Schistes et calcaires du Givétien (Série de Ha Lang). — 10. Calcaires massifs ouralo-permiens.

Vers le Sud en approchant de Tong Hue, la discordance entre l'Ouralien et le Dévonien devient moins sensible.

A Tong Hue même, le rocher qui domine au Nord le village, a son sommet formé de calcaires ouraliens, terminaison méridionale des Calcaires de la Nam Ta. Ces calcaires ouraliens reposent sur la Série de Ha Lang nullement froissée. (Photographie II, Pl. I).

Sous les Calcaires ouraliens de la Nam Ta prend naissance le Dôme de Na Man dont les cartes indiquent suffisamment l'extension.

La majeure partie des matériaux du Dôme est constituée par la Série de Ha Lang, particulièrement riche en lydiennes zonées dans la région de Trung Khanh Phu.

Cet ensemble repose sur des schistes très écrasés, sans fossiles, qui rappellent le niveau visible à Na Ngan (sur le flanc sud-est de l'Anticlinal du Bong Son); ces derniers contiennent la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. Au Sud de Ta Ban (Nord-Est du Dôme), les schistes du Dôme de Na Man passent du reste à des bancs dolomitiques à pendage net nord-est qui supportent en concordance stratigraphique les calcaires noirs eiféliens des rives de la Kouei Chouan, terminaison occidentale du Synclinal de Ban Gioc. On peut donc attribuer à l'Eifélien ces schistes inférieurs.

La Série de Ha Lang est presque partout, dans le Dôme de Na Man, laminée avec son substratum eifélien et forme une zone impossible à délimiter. En de rares points quelques rochers dolomitiques à Polypiers s'interposent entre les deux horizons (1).

Cependant au Sud-Est de Trung Khanh Phu, au voisinage de la route de Trung Khanh Phu à Ban Gioc, les calcaires de la Série de Ha Lang sont bien conservés et

(1) Il existe dans le Dôme de Na Mam, notamment aux environs de Lung Luong, des filons de quartz minéralisé. On trouve également aux environs de la cote 533 une brèche de schistes à ciment de fer et de manganèse.

forment de petits pitons très aigus dont la pente sud suit le pendage des couches tandis que le flanc nord est presque vertical par suite de l'érosion. Ces pitons sont bien visibles dans la Photographie F de la Planche VIII.

A l'Ouest, les bancs des Calcaires de Ha Lang sont coupés nettement par les calcaires ouraliens de la Nam Ta, avec interposition de brèches, comme toujours.

Un peu plus au Nord-Est ces mêmes calcaires passent avec une allure plus tranquille sous l'Ouralien du Binh Xa (Photographie D, Pl. VIII). On peut voir en différents points, dans certains cirques, la base de la falaise en calcaires noirs, le haut étant formé de brèche et de calcaires blancs. Mais au Nord, les contacts, difficiles à suivre, des Calcaires de Ha Lang du Dôme de Na Man avec les calcaires ouralo-permiens des Massifs du Phong Nam et du Lung Dinh, se font suivant une zone particulièrement froissée où les premiers sont effroyablement laminés et tordus (coupe Fig. 12, ci-dessous).

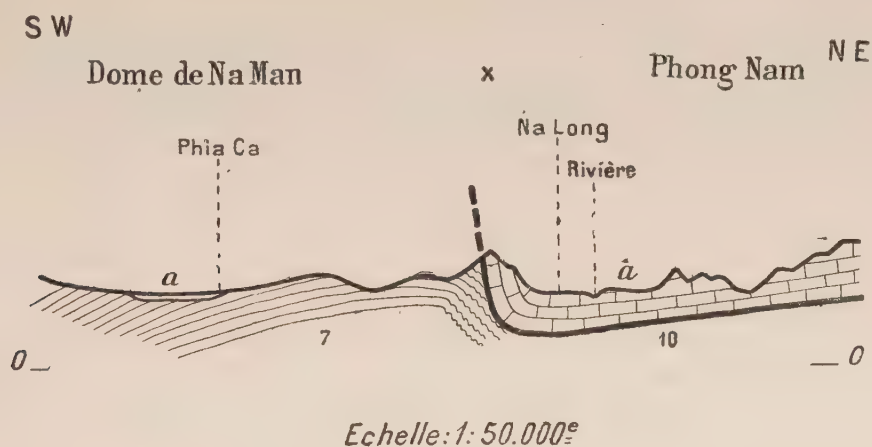


FIG. 12. — Coupe du contact du Phong Nam et du Dôme de Na Man, à Na Long.

LÉGENDE: 7 Schistes et calcaires givétiens. — 10. Calcaires ouralo-permiens. — a Alluvions.

Les calcaires du Phong Nam et du Loung Dinh forment un massif considérable, dominant largement le Dôme de Na Man (Voir Photographie E, Pl. I) et qui paraît s'étendre fort loin en Chine.

Le Pays de Trung Khanh Phu se présente ainsi comme une vaste région synclinale complexe ayant conservé, généralement dans des parties plus profondes, des masses importantes de calcaires ouraliens. Nous retiendrons, des contacts de ces calcaires avec leur substratum, les points suivants :

1° — Les calcaires ouraliens, au voisinage de la courbe de l'Anticlinal du Bong Son (Binh Lang), ont le même pendage que les autres terrains, mais toujours avec brèche de friction et suppressions de séries.

2° — Au Nord-Ouest, les calcaires ouraliens coupent nettement les plis dévoniens (régions de Tra Linh et de Hang Ga).

3° — Au Nord-Est (Massif du Phong Nam), les roches au contact sont très froissées, mais les calcaires ouraliens ne coupent pas les couches dévoniennes.

4. — LE DÔME DE CACH LINH

Le pli le plus occidental du faisceau anticlinal de Tra Linh, prolongé par la branche nord-ouest — sud-est de l'Anticlinal du Bong Son, se continue presque en surface jusqu'au Dôme de Cach Linh (coupe Fig. 13 ci-dessous).

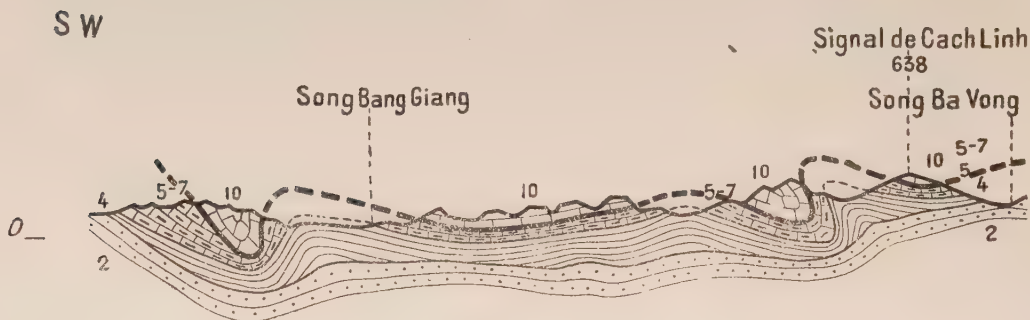


FIG. 13. — Coupe du Synclinal de Phuc Hoa, du

LÉGENDE: 2 Grès micacés. — 4. Schistes eiféliens à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. — 5.
— 9. Calcaires griottes, et schistes tendres en plaquettes subordonnés.

Ce Dôme, traversé obliquement par le Song Ba Vong, comprend les grès micacés et schistes que nous connaissons déjà dans l'Anticlinal du Bong Son, avec une auréole de Schistes à *Spirifer*, fossilifères en plusieurs points.

Les grès micacés et les schistes inférieurs sont recoupés par quelques filons de quartz (1).

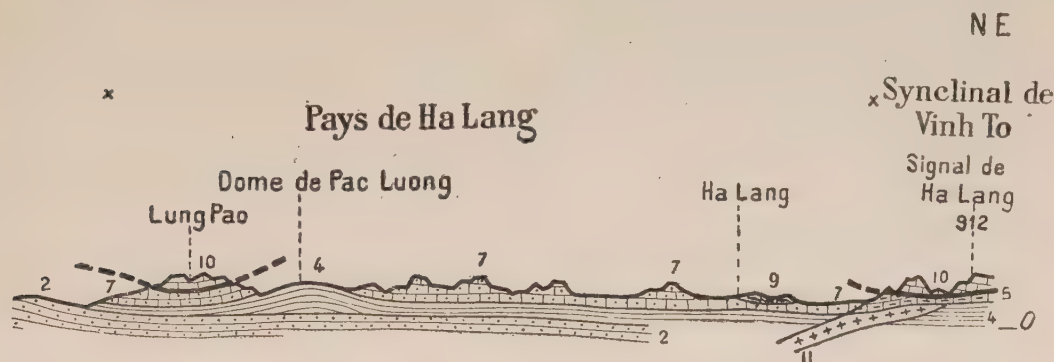
Le Dôme de Cach Linh, nettement orienté nord-ouest — sud-est, forme, sur la rive gauche du Song Ba Vong, des pentes schisteuses qui montent vers le Pays plus élevé de Ha Lang, et sur la rive droite, une série de mamelons boisés, à l'altitude maximum de 500 m. Au Sud il supporte le paquet de Calcaires de Ha Lang et de brèche ouralienne du curieux signal de Cach Linh, haut de 638 m., suffisamment érodé pour qu'on puisse voir tout autour la superposition des horizons. Les schistes eiféliens du substratum sont partout fossilifères.

Il se termine périclinalement vers le Sud-Est sous un ensemble de Calcaires de Ha Lang et de calcaires ouraliens qui paraît se continuer en Chine.

(1) Des recherches d'or ont été faites dans les alluvions de Ban Buong.

A l'Ouest, il est, du moins sur une certaine longueur, légèrement couché vers le Sud-Ouest. C'est surtout aux environs du marché de Cach Linh que l'on peut très bien voir les Calcaires de Ha Lang, qui paraissent plonger au Nord-Est sous les schistes, supporter au Sud-Ouest les calcaires ouraliens du Synclinal de Phuc Hoa (Voir coupe Fig. 13 ci-dessous). La Série de Ha Lang est très étirée suivant ce dernier contact.

Sur le flanc est du Dôme de Cach Linh s'appuient les calcaires du Pays de Ha



Echelle: 1:120.000^e environ

Dôme de Cach Linh et du Pays de Ha Lang.

Calcaires eiféliens dolomitiques. — 7. Calcaires givétiens de Ha Lang avec phtanites
— 10. Calcaires blancs ouralo-permiens. — 11. Ophites et labradorites.

Lang. Ce Pays peut être, ainsi que nous l'avons déjà vu, considéré comme une grande dépression synclinale comprise entre le Dôme de Cach Linh et l'Anticlinal du Bong Son.

Dans la partie sud-est du contact entre les calcaires du Pays de Ha Lang et les schistes et grès du Dôme de Cach Linh, les calcaires reposent, avec un léger pendage nord-est, à une grande hauteur sur les schistes ; un peu plus vers le Nord, le contact descend jusqu'au lit du Song Ba Vong ; à Ban Buong on peut voir dans le Song Ba Vong des calcaires noirs dolomitiques en minces bancs reposant sur les schistes fossilifères du Dôme ; ils sont dominés à l'Est par la Série de Ha Lang qui descend en redans vers la rivière (Voir Photographie B, Pl. III).

Plus au Nord, les terrains en contact du Dôme de Cach Linh et du Pays de Ha-Lang sont écrasés par les calcaires ouraliens du Pays du Quang Uyen. A Na Tan, les Schistes à *Spirifer* se montrent encore sous le Dévonien calcaire très laminé et plissé.

5. — LE PAYS DE HA LANG

Ce curieux pays, essentiellement formé des calcaires et lydiennes de la Série de Ha Lang (Voir Photographie C, Pl. III), présente une allure presque tabulaire à peine troublée par quelques bossellements peu importants en forme de dômes, qui font

apparaître, au milieu de la Série de Ha Lang, les Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM du substratum ; ces bossellements laissent entre eux des dépressions où sont souvent conservés les calcaires ouraliens ; les calcaires griottes sont fréquemment représentés, toujours placés entre la Série de Ha Lang et l'Ouralien.

Ces dépressions à peine marquées, qui ne méritent pas le nom de synclinaux, laissent fortement en saillie sur leur substratum les paquets ouraliens encore respectés par l'érosion ; l'ensemble de ces paquets discontinus jalonne, à la surface du Pays de Ha Lang, trois ou quatre grandes lignes.

Nous avons vu en étudiant l'Anticlinal du Bong Son comment le Pays de Ha Lang sort au Sud sous les masses calcaires du Synclinal de Vinh To. Nous allons décrire le Pays de Ha Lang en commençant par les dômes.

Le Dôme de Khau Kha, allongé suivant une direction sud-ouest — nord-est parallèle au Bong Son, est le plus oriental ; il disparaît au Nord et à l'Est sous les calcaires ouraliens, à l'Ouest et au Sud sous la Série de Ha Lang qui s'insinue un peu au Sud-Est entre les schistes eiféliens et les calcaires blancs ouraliens. Ce Dôme ne laisse affleurer que des schistes eiféliens presque partout fossilifères. On peut voir au Sud-Est de Ban Khau les calcaires à phtanites passer sous les calcaires massifs ouraliens avec interposition de brèche à ciment de calcite. Au Nord-Ouest, ils supportent des calcaires à phtanites et des griottes bien visibles à Na Dong. (Photographie A, Pl. X).

A l'Ouest de Ban Khau, les schistes, surmontés de quelques calcaires eiféliens à *Stropheodonta* et *Favosites*, passent sous une masse importante des Calcaires de Ha Lang dans lesquels est creusée la résurgence de Ban Khau (Photographie C, Pl. IV). Les Calcaires de Ha Lang supportent eux-mêmes des calcaires ouraliens.

Il existe en Chine, à peu de distance de la frontière, un tout petit dôme marqué sur notre Schéma, et qui n'est autre que la prolongation nord-est du Dôme de Khau Kha.

Plus au Sud, à Bi Ha, près du chemin qui conduit en Chine, apparaît un petit dôme de 3 kilomètres de long sur 1200 m. de large. Ce dôme a la direction générale nord-ouest — sud-est ; il est recouvert au Nord et à l'Est par la Série du Ha Lang, elle-même dominée par les calcaires ouraliens ; à l'Ouest, une belle plaine qui masque le contact semble occuper la place des Calcaires de Ha Lang érodés et cachés par les alluvions ; elle est limitée à l'Ouest par une falaise de calcaires ouraliens, les Calcaires de Quan By, qui ne sont autre que le prolongement au Sud des Calcaires ouraliens du Massif de Vinh To ; ce prolongement est divisé par le Dôme de Bi Ha en deux branches, l'une située en Chine, à l'Est du Dôme de Bi Ha, et l'autre formant la chaîne rocheuse de Quang By qui sépare le Dôme de Bi Ha de celui, plus important, de Pac Luong. Ce dernier, allongé suivant une direction nord-ouest — sud-est, pend périclinalement sous la Série de Ha Lang, dont il est localement séparé, au Sud-Ouest, par une fine brèche des calcaires noirs eiféliens.

Entre le Dôme de Pac Luong et le Dôme de Cach Linh se trouve un petit synclinal à peine marqué qui contient une épaisseur considérable de calcaires formant une véritable muraille, la muraille de Lung Pan, dont toute la base est constituée par des Calcaires de Ha Lang. Au sommet se trouvent des calcaires ouraliens souvent séparés des précédents par une épaisseur plus ou moins importante de griottes ; ces calcaires

ouraliens sont fréquemment érodés jusqu'au niveau du Dévonien, formant un pays de pitons entourés de rizières, suspendu à une grande hauteur au-dessus du niveau moyen du pays voisin, comme on peut le voir aux environs de Ban Rac où ces petits pitons sont formés, les uns de brèche ouralo-permienne, les autres de Calcaires de Ha Lang.

Les calcaires ouraliens de la muraille de Lung Pan, ceux de la chaîne rocheuse de Quang By et ceux du Synclinal de Phuc Hoa sont en continuité par la Chine.

Les Calcaires de Lung Pan, jalonnés au Nord-Ouest par les rochers de Vy Vong, vont rejoindre la terminaison occidentale du Synclinal de Vinh To, ceinturant ainsi la majeure partie du Pays de Ha Lang.

Quelques témoins discontinus de calcaires ouraliens couronnent les sommets de la rive gauche du Song Ba Vong (coupe Fig. 14, ci-dessous).

En résumé, le Pays de Ha Lang présente un plissement faible en dômes sans direction d'ensemble, et conserve, dans des dépressions peu marquées, les calcaires ouraliens.

Ici encore les contacts, toujours avec intermédiaire de brèche de friction à ciment de calcite, ont lieu avec tous les termes de la série dévonienne plus ou moins étirés, mais sans jamais couper les plis dévoniens; il y a aussi étirement de terrains sous-jacents non en contact avec l'Ouralien.

La coupe ci-dessous nous montre l'étirement des calcaires eiféliens entre les Schistes à *Spirifer* du Dôme de Cach Linh et la Série de Ha Lang. On y voit également les calcaires ouraliens des rochers de Vy Vong reposer à la fois sur la Série de Ha-Lang et sur les griottes étirées.

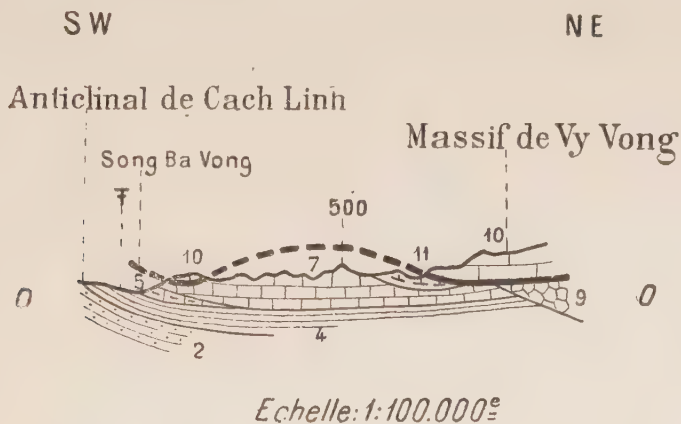


FIG. 14. — Coupe de la bordure du Pays de Ha Lang

LÉGENDE: 2. Schistes et Grès. — 4. Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. — 5. Calcaires eiféliens. — 7. Série de Ha Lang. — 9. Griottes. — 10. Ouralo-permien. — 11. Roches vertes.

6. — LE LU KHU ET LE QUANG UYEN

L'Anticlinal de Tra Linh et le Dôme de Cach Linh limitent à l'Est le vaste ensemble des calcaires ouraliens massifs des Pays du Lu Khu et du Quang Uyen.

Ces calcaires forment, entre les affleurements dévoniens de Tra Linh et de Cach Linh dont nous avons étudié les contacts avec l'Ouralien, d'une part, et la bordure occidentale du Massif autochtone d'autre part, une carapace presque continue, à peine ondulée, laissant voir par quelques fenêtres son substratum dévonien. Ces fenêtres correspondent en général, dans le Lu Khu, à de véritables anticlinaux ou dômes. Nous commencerons par l'étude de ces affleurements et de leurs relations avec leur couverture ouralienne.

Le premier de ces dômes, le Dôme de Trung Ha, est situé à quelques kilomètres au Nord-Est de Soc Giang, tout contre la frontière.

C'est un massif de schistes, assez boisé, complètement entouré par des calcaires. L'altitude du point culminant au Nord, sous la falaise calcaire, est de 802 m. Il descend en pente assez douce vers le Sud jusqu'à l'altitude de 359 mètres. Avec les calcaires qui l'entourent, il forme le bassin d'alimentation du Tam Boum, qui s'est creusé, dans les rochers de la bordure du Lu Khu, un étroit canyon.

Au Nord, ces schistes sont dominés par une série de terrains en redans que je n'ai pu atteindre ; leur aspect est tout à fait identique à celui de la Série de Ban Cra telle qu'on la voit du coude de la Kouei Chouan.

Au Sud, les schistes de Trung Ha s'enfoncent sous le petit Massif calcaire de Ma Lip qui les sépare de la vallée du Song Bang Giang ; ce massif assez complexe présente du Nord au Sud, une petite chaîne de calcaires ouraliens, sans fer ; puis un affleurement de calcaires dévoniens très plissés et presque verticaux. Ces derniers sont recouverts vers Ma Lip par des calcaires accompagnés de roches ferrugineuses qui descendent jusqu'à la vallée (coupe 1, Pl. XXIV).

A Thom Thao une petite fenêtre laisse voir un lambeau de schistes. Ces mêmes schistes reparaissent à Na Xac, dans la vallée du Song Bang Giang où ils sont pétris de fossiles très écrasés.

Le Dôme de Trung Ha est prolongé au Sud-Est par deux petits brachyanticlinaux qui se montrent à la faveur de fenêtres d'érosion sous la carapace ouralienne du Lu Khu, entre Lung Soc et Nam Nhung, sur le chemin de Soc Giang à Nam Nhung. Ils sont formés exclusivement de calcaires dévoniens en lames très plissées presque verticales et de quelques calcaires à phtanites ; la route coupe un tout petit pli, à charnière visible, tout près de Nam Nhung. Le tout est écrasé sous l'Ouralien discordant.

Un dôme plus important se trouve sur la frontière de Chine, vers le milieu de la partie tonkinoise du Lu Khu. C'est le Dôme de Co Phay.

Le chemin de Nam Nhung à Co Phay, après avoir quitté les calcaires blancs ouraliens accompagnés de roches ferrugineuses, pénètre dans un couloir creusé au milieu de brèches à éléments calcaires variés, cimentés dans une sorte d'argile rouge qui n'est autre chose que le produit de l'altération complète des roches ferrugineuses.

Parmi les éléments de la brèche on trouve des calcaires dolomitiques noirs, entraînés lors du glissement de la masse calcaire sur son substratum ; ces brèches se poursuivent jusqu'à l'arrivée au cirque de Nam Dinh (coupe Fig. 15 ci-contre) où elles s'appuient sur une formation très laminée, avec calcaires à liserés de schistes et calcschistes rouges ; l'ensemble très plissoté est mêlé de bancs de calcaires colorés et s'appuie sur de véritables griottes identiques à celles de Ha Lang, qui reposent, par l'intermédiaire de

schistes argileux en plaquettes, roses ou jaunes, contenant des *Styliola*, sur des Calcaires de Ha Lang avec phtanites.

Au col, au Sud-Est de Xi Say, des bancs de calcaires noirs montrent des polyptères en saillie. Nous avons déjà rencontré des calcaires identiques dans la Série de Ha Lang. Ces calcaires contiennent des débris de grands brachiopodes et rappellent de très près les calcaires à *Stringocephalus Burtini* rencontrés au Nord du pli couché du Khan Pung (cf. pp. 82 et 129).

Tout cet ensemble plonge sud-ouest (environ 40°) et domine un pays de calcaires en bancs réguliers sur lesquels il repose, et qui semblent s'étendre en Chine vers le Nord, calcaires qui forment vraisemblablement la voûte d'un anticlinal dont la série ci-dessus serait la retombée sud. Cet anticlinal n'est autre que le prolongement au Nord-Ouest de l'Anticlinal de Tra Linh (1). Nous assimilons les calcaires inférieurs, que nous n'avons pu voir de près, aux calcaires dolomitiques eiféliens.

A l'Est, cet affleurement disparaît sous les calcaires accompagnés de fer du Permocarbonifère.

La coupe Fig. 15 que nous donnons ci-dessous est tout à fait identique à la coupe de Ban Cra (Fig. 4, p. 80).

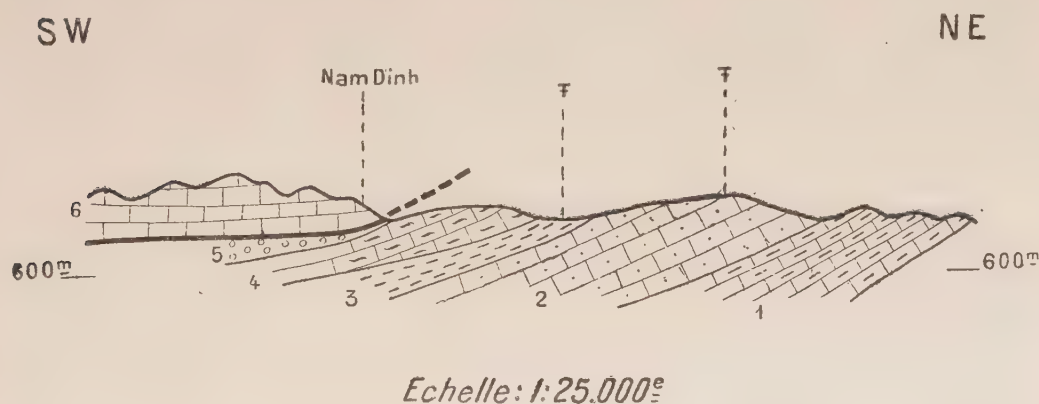


FIG. 15. — Coupe de la Fenêtre de Co Phay.

LÉGENDE : 1. Calcaires noirs eiféliens. — 2. Calcaires givétiens à *Stringocephalus Burtini* DE FRANCE et calcaires à phtanites. — 3. Schistes en plaquettes à *Styliola*. — 4. Calcaires griottes. — 5. Zone de calcaires et schistes broyés. — 6. Ouralo-permien.

N. B. Cette coupe se continue au Sud-Ouest par la Coupe II, Pl. XXIV.

Un petit affleurement de griottes, à Lung Man, à 5 kilomètres environ au Sud-Ouest de Co Phay, se met en continuité avec les griottes de Co Phay.

(1) La retombée au Sud-Ouest du Dôme de Co Phay appartient au flanc nord-est d'un synclinal dont les calcaires du Nord du Dôme de Trung Ha occupent le flanc sud-ouest.

Nous signalerons enfin, sous la carapace ouralienne du Lu Khu, le tout petit affleurement de Noc Mo qui se voit au Nord de Na Giang sur les pentes du Lu Khu (coupe III, Pl. XXIV). C'est une série de calcaires à phtanites, de calcaires laminés, et de schistes rappelant les formations du Plateau de Hang Ga (p. 135).

Il est dominé par les calcaires avec fer, nettement discordants, et qui renferment près de là des Fusulinidés.

Cette petite fenêtre forme un anticlinal, toujours de direction nord-ouest, dont le flanc sud-ouest descend suivant la pente du Lu Khu, tandis que la retombée nord-est, particulièrement froissée par le trainage des calcaires supérieurs, est presque verticale (1).

Des calcaires dévoniens très plissés affleurent également au Sud de Na Giang. Nous les retrouverons en étudiant la bordure du Lu Khu.

Ces quelques fenêtres nous montrent les calcaires ouraliens, toujours discordants, reposant suivant une surface à peine ondulée sur le Dévonien très plissé, à plis de direction constante nord-ouest — sud-est.

Bien que l'on puisse trouver des étirements des calcaires dévoniens, le contact direct de l'Ouralien avec les Schistes à *Spirifer* est surtout dû à ce que la lame ouralienne coupe les plis serrés du Dévonien. Cette structure ressort très bien sur les coupes de l'Anticlinal de Tra Linh (Fig. 10, p. 134) et du Dôme de Trung Ha (coupe I, Pl. XXIV).

Les calcaires ouraliens de la bordure du Lu Khu plongent fortement vers le Sud-Ouest.

Nous insisterons tout particulièrement sur l'abondance dans le Lu Khu de la roche ferrugineuse curieuse que nous avons déjà signalée et qui fera l'objet d'une étude spéciale en même temps que les roches éruptives du Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang; cette roche se présente généralement dans le Lu Khu en grandes masses englobant des bancs plus ou moins importants de calcaires ouraliens, dans lesquels elle est exclusivement cantonnée. On la trouve aussi très fréquemment en couches, interstratifiée ou injectée entre les bancs calcaires. Elle est généralement laminée avec les calcaires et prend alors une structure feuilletée.

Le plus souvent altérée, elle donne des débris de teinte violette, plus ou moins arrondis, disséminés dans une terre rouge. C'est cette formation qui donne au Lu Khu son aspect spécial.

Le Lu Khu se continue au Sud, d'abord par le Quang Uyen auquel il est réuni par les calcaires du Deo Ma Phuc, puis par les calcaires ouraliens du Synclinal de Phuc Hoa dont nous avons vu les contacts avec les calcaires dévoniens de l'Anticlinal de Cach Linh.

(1) Une galerie naturelle pénètre entre les bancs calcaires dans la voûte de l'anticlinal au voisinage de Noc Mo (Mo signifie en annamite mine ou trou).

Les indigènes affirment que des recherches de minerai (probablement galène argentifère), auraient été faites autrefois en ce point par les chinois. Mais je n'ai pu pénétrer dans la galerie inondée et je n'ai trouvé aux environs aucune trace de minerai.

Les calcaires ouraliens du Synclinal de Phuc Hoa s'appuient au Sud, avec des pendages concordants, sur des Calcaires de Ha Lang laminés, à l'Ouest de Ta Lung.

Dans la vallée du Song Bang Giang, les calcaires ouraliens du Synclinal de Phuc Hoa se relie à ceux du Massif de Na Lan, par dessus le Dôme dévonien de Phuc Hoa. Ce Dôme, que nous étudierons avec la Région de Dong Khe, présente également, comme celui de Cach Linh, un léger déversement vers le Sud. Ce sont là les deux seuls accidents que présentent les couches à peu près horizontales des calcaires ouraliens de Phuc Hoa, formant dans l'ensemble, entre les Dômes de Cach Linh et de Phuc Hoa, un synclinal à fond plat.

Le Synclinal de Phuc Hoa n'est qu'une dépendance méridionale du Quang Uyen ; ce dernier est en continuité au Nord-Est avec les calcaires massifs du Deou Leou et du Binh Lang, par dessus la prolongation nord-ouest, après torsion, de l'Anticlinal du Bong Son.

La Zone du Quang Uyen s'étend également au Sud-Ouest où elle s'appuie sur la région dévonienne de Dong Khe, qui s'enfonce au Nord-Ouest, en plusieurs indentations, sous les calcaires ouraliens.

Sous ce manteau massif à peu près horizontal dans l'ensemble, apparaissent en quelques points les bancs de calcaires dévoniens, aux directions nord-ouest — sud-est bien marquées. Ces affleurements sont dûs à des fenêtres d'érosion creusant profondément les calcaires, et non au décapement de dômes ou d'anticlinaux.

La bordure est du Quang Uyen nous montre que la surface de contact épouse encore à peu près vers le Sud les plis du Dévonien, (coupe VII, Pl. XXIV) tandis qu'elle les coupe complètement vers le Nord (coupe V, Pl. XXIV).

Si maintenant nous comparons le Dévonien des coupes V et VII, Pl. XXIV, nous voyons que, à l'exception des plis du Signal de Cao Bang, la carapace ouralienne garde, dans toute la Zone du Quang Uyen, sa même allure à peu près horizontale.

En revanche, le substratum dévonien est beaucoup plus plissé dans la coupe V et amorce déjà l'amygdaloïde de plis qui occupe les environs de Tra Linh. En divers points les plis dévoniens sont presque verticaux ; les contacts avec l'Ouralien sont alors particulièrement broyés et marqués par des brèches à ciment de calcite et des calcaires extrêmement laminés, mêlés d'argile rouge. On peut voir un contact de ce genre au premier col sur la route de Quang Uyen à Tra Linh.

L'Eifélien calcaire, et surtout les Calcaires de Ha Lang, sont fréquemment supprimés, et les calcaires ouraliens reposent directement, en plusieurs points de la bordure est du Quang Uyen, sur les schistes eiféliens, même dans la zone sud où la surface de contact ne coupe pas les plis.

7. — LA RÉGION DE DONG KHE

La région de Dong Khe, terminant au Sud la Zone autochtone primaire de l'Est de Cao Bang, peut être considérée comme un grand dôme de schistes et de grès divisé en dômes secondaires par de faibles plis dans lesquels se sont conservés quelques paquets de calcaires eiféliens, et plus rarement, de Calcaires de Ha Lang ; ce grand dôme s'enfonce au Nord par indentations sous les calcaires de la Région du Quang Uyen, comme nous l'avons dit plus haut ; il supporte au Nord-Est le Synclinal de Phuc

Hoa ; au Sud-Est il disparaît sous le Massif calcaire de Na Lan ; au Sud et à l'Ouest il supporte sans discordance angulaire le faible manteau des calcaires ouraliens qui le sépare des Schistes charriés du Song Hiem.

Le grand dôme de la Région de Dong Khe montre donc cinq à six petits dômes allongés, plus ou moins réunis entre eux en quelques points, et séparés en d'autres points par de petites vallées synclinales étroites et discontinues, remplies par des calcaires dévoniens.

L'examen du schéma et d'une ou deux coupes donneront, mieux que toute description, l'allure de cette région.

Une coupe passant par Dong Khe nous montre quelques rochers peu importants de calcaires eiféliens conservés dans de petits synclinaux assez aigus des Schistes à *Spirifer* ; l'ensemble de ces petits plis forme à l'Ouest de Dong Khe le massif que nous avons appelé Dôme de Dong Khe, dont les schistes eiféliens sont presque partout fossilifères ; ce Dôme de Dong Khe, qui rappelle, mais avec des plis à peine marqués, l'allure de l'Anticlinal de Tra Linh, supporte à l'Ouest une mince bande de calcaires ouraliens, avant de s'enfoncer sous les Schistes charriés du Song Hiem (coupe ix, Pl. XXIV).

Un tout petit dôme de schistes eiféliens froissés réunit le Dôme de Dong Khe à celui de Phy My. Ce dernier forme vers le Sud, où il se termine périclinalement, la fin du Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang ; sa couverture calcaire peu épaisse le ceinture au Sud.

Ces calcaires ouraliens, dont l'érosion n'a laissé que quelques témoins, prolongent vers le Sud le Massif des calcaires ouraliens de Na Man. Ils se continuent à l'Ouest par les falaises de Phy My dont le contact avec l'important massif de porphyrite de Lung Phay, appartenant à l'ensemble des Schistes du Song Hiem, est presque vertical.

La falaise de Phy My est prolongée elle-même au Nord par les calcaires ouraliens de la bordure ouest du Dôme de Dong Khe, dont nous venons de parler.

Entre le Sud du Dôme de Dong Khe et le Dôme de Phy My vient se placer un paquet, pris dans un synclinal aigu, de calcaires eiféliens (1).

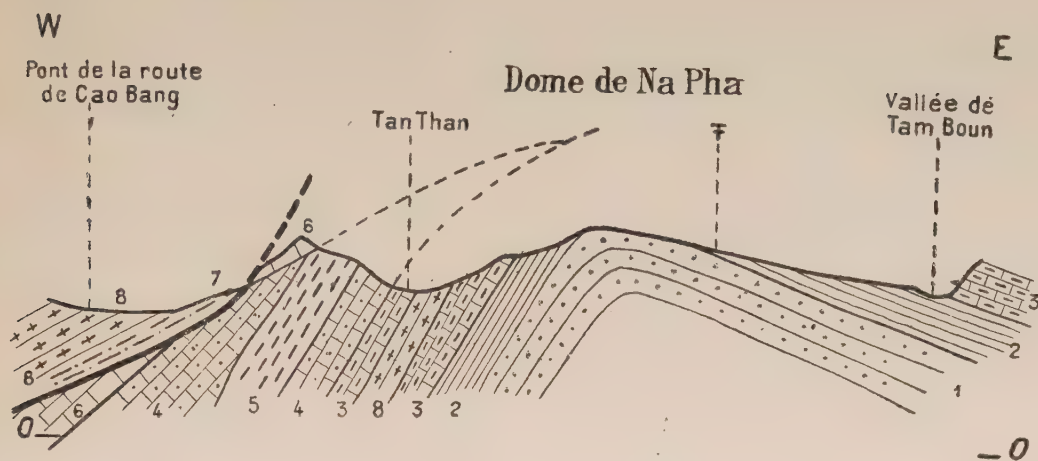
Le Dôme de Dong Khé, allongé suivant la direction nord-sud se prolonge vers le Nord-Ouest sous les calcaires ouraliens étalés ; ce prolongement se montre par une petite fenêtre sous ces calcaires, avant d'aller former au delà le Dôme étroit de Na Pha à flanc ouest assez redressé.

Les calcaires ouraliens sont ici très étirés entre le Dôme de Na Pha et les Schistes du Song Hiem comme on peut le voir sur la coupe Fig. 16 ci-contre qui présente au voisinage du contact des terrains très froissés.

Suivant ce contact la couverture ouralienne est réduite à une mince bande, bande qui a parfois disparu par écrasement en ne laissant que des lambeaux discontinus,

(1) M. GIRAUD donne, [49, p. 14] les Schistes à *Spirifer* comme charriés sur un substratum de calcaires dévoniens, en se basant sur l'altitude relative des schistes et des calcaires aux environs de Dong Khe. Je ne puis partager son opinion. Une étude minutieuse de toute la contrée m'a permis de voir les calcaires de Dong Khe, pincés au Sud en synclinaux étroits dans les schistes, s'élargir au Nord et passer avec la plus grande netteté sur les anticlinaux de schistes eiféliens.

comme celui signalé par M. GIRAUD [49, p. 17] à l'Ouest de Ban Lung Noc, et dans lequel j'ai trouvé des *Schwagerines*.



Echelle: 1:25.000^e

FIG. 16. — Coupe par Tan Than.

LÉGENDE: 1. Grès micacés. — 2. Schistes eiféliens. — 3. Calcaires noirs dolomitiques. — 4. Calcaires de Ha Lang. — 5. Intercalation de lydiennes dans les Calcaires de Ha Lang. — 6. Calcaires ouralo-permiens à l'état de brèche. — 7. Schistes du Song Hiem. — 8. Porphyrites.

Au Nord-Est de Dong Khe un autre dôme en forme d'arc, le Dôme du Khau Xung, continue le Dôme de Phy My vers le Nord et va se confondre avec le Dôme de Na Pha pour former le Dôme du Toc Lang.

L'ensemble des Dômes de Dong Khe, de Phy My, du Khau Xung et de Na Pha, délimite la petite Cuvette synclinale de Bo Bek, au Sud-Est de laquelle est conservé un paquet d'Ouralien.

Cet Ouralo-permien forme encore, au Nord-Ouest du même synclinal, un paquet très intéressant parce qu'on y voit particulièrement bien le laminage des calcaires et la formation d'une brèche de base à ciment de calcite.

Plus à l'Est nous trouvons le Dôme allongé du Dao Vinh qui vient se confondre au Sud avec celui du Khau Xung dont il est séparé au Nord par le petit Synclinal calcaire de Co Co.

Plus à l'Est encore, le Dôme de Phuc Hoa termine la série des dômes du Pays de Dong Khe ; il se confond au Nord avec celui du Dao Vinh dont il est séparé vers le Sud par la pointe synclinale de Na Lec ; vers l'Est il s'enfonce sous les calcaires ouraliens du Synclinal de Phuc Hoa.

Les Dômes du Khau Xung et du Dao Vinh sont recouverts au Sud par le Massif de Na Lan, dont la pointe synclinale de Na Lec est une dépendance.

Le Massif de Na Lan et le Synclinal de Na Lec, formés de calcaires ouraliens horizontaux admettant seulement un faible pli au contact du Dôme dévonien de Phuc

Hoa, prolongent en Chine les calcaires de la région du Quang Uyen, toujours avec une surface de traînage marquée par des brèches à ciment de calcite.

Suivant le contact, les Calcaires de Ha Lang seulement sont généralement supprimés. Ce n'est qu'au Sud du Synclinal de Na Lec que les calcaires ouraliens reposent directement sur les Schistes à *Spirifer* par suppression de l'Eifélien calcaire.

Les couches ouraliennes épousent à peu près les plis d'ensemble très faibles du Dévonien.

Tous les dômes de la région de Dong Khe sont formés pour la plus grande partie de schistes eiféliens contenant à peu près partout la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. Quelques uns d'entre eux, notamment ceux du Khao Xung et du Dao Vinh, laissent affleurer en leur centre les grès micacés antérieurs aux Schistes à *Spirifer*, grès que nous avons déjà vus dans l'Anticlinal du Bong Son (1).

Les paquets de calcaires dévoniens conservés entre ces dômes sont quelquefois importants, et comprennent les calcaires eiféliens et la Série de Ha Lang.

Les calcaires sont généralement très froissés, comme on peut le voir notamment au tunnel de la route de Dong Khe à Cao Bang. La Photographie A, Pl. IX, montre des calcaires eiféliens en lames minces tordues dans le Synclinal de Bo Bek.

Dans les calcaires ouraliens l'écrasement est particulièrement intense, et, en certains points de la bordure de la région autochtone, ils sont complètement feuilletés.

Les pendages sont généralement très faibles et assez réguliers sauf sur la bordure ouest. Seul, le Dôme de Phuc Hoa présente dans sa partie la plus méridionale, comme nous l'avons déjà dit, un déversement vers le Sud (Voir coupe Fig. 13, p. 138). La direction générale nord-ouest — sud-est domine.

En résumé la Région de Dong Khe nous montre une série de dômes pressés les uns contre les autres avec une direction d'ensemble nord-ouest — sud-est, sur lesquels repose, avec des étirements fréquents, l'Ouralo-permien décollé et très écrasé, mais en général sans discordance angulaire sensible.

8. — RELATIONS DU MASSIF AUTOCHTONE PRIMAIRE DE L'EST DE CAO BANG AVEC LES SCHISTES DU SONG HIEM

Le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang s'enfonce au Sud-Ouest suivant une ligne presque droite de Soc giang à That Khe, sous une masse énorme de schistes avec grès subordonnés, accompagnée à la base de roches vertes et de rhyolithes ; cette masse, dont la Nappe du Song Mien de M. DEPRAT est une faible partie, occupe un espace immense et forme, entre les nappes proprement dites et les terrains autochtones, une « Série intermédiaire » que nous avons appelée dans notre Introduction tectonique « Schistes du Song Hiem ». C'est la partie la plus orientale de cet ensemble qui chevauche la Zone de l'Est Cao Bang.

(1) Ces grès et schistes avaient été attribués au Trias par M. GIRAUD. Voir notre étude stratigraphique, p. 101.

La base de cet ensemble est marquée par une extrême abondance de roches éruptives qui jalonnent son contact avec la Zone autochtone. Nous prendrons ces roches éruptives au Nord de That Khe, où elles entourent la terminaison méridionale du Primaire de Cao Bang.

Ces masses éruptives s'étalent largement vers le Sud-Ouest, à l'Ouest de That Khe ; elles se prolongent vers le Nord-Est jusqu'au delà de Cao Bang en bordure des Schistes du Song Hiem, formant ce que nous avons appelé la Traînée éruptive de That Khe à Cao Bang, traînée assez complexe qui comprend des rhyolithes et des roches plus basiques ; ces dernières sont le plus souvent des roches microlithiques à très petits grains de pyroxène et andésine et sont inférieures à la zone à rhyolithes ; il n'y a jamais passage pétrographique de l'une à l'autre. Souvent ces éléments éruptifs et les schistes forment au voisinage du contact des écailles successives alternantes pinçant entre elles des débris variés arrachés au substratum ; cette zone complexe est surmontée par l'énorme épaisseur des Schistes du Song Hiem. Nous reviendrons en étudiant ces derniers sur la répartition générale et l'origine des roches éruptives à pyroxène. Les rhyolithes seront étudiées avec le Trias de Lang Son où elles sont bien représentées.

Les coupes que nous donnons de la bordure de la région primaire autochtone (Planche XXIV) nous montreront la position de ces roches. Nous signalerons tout de suite les phénomènes intenses d'écrasement au voisinage du plan de charriage : les éléments du Pays autochtone sont disloqués et l'Ouralien souvent supprimé ; les schistes et les roches éruptives de la Nappe sont fréquemment laminés ou à l'état de brèches.

La terminaison méridionale du Pays de Dong Khe, formée par le Dôme de Phy My et son revêtement ouralien, s'enfonce périclinalement, comme nous l'avons dit, sous les masses éruptives du Nord de That Khe : le Khao Moue et le Khao Xiem à l'Est et au Sud, le massif de Lung Phai à l'Ouest.

Vers l'Est et le Sud, le Dévonien et ce que l'érosion a respecté de son manteau ouralien s'enfoncent avec un pendage faible sous une zone de roches vertes, elle-même dominée par les massifs du Khao Moue et du Khao Xiem, massifs qui supportent à l'Est la partie occidentale des Schistes secondaires de la Cuvette de Bi Nhi.

Vers l'Ouest le Dôme de Phy My et sa falaise ouralienne s'enfoncent presque verticalement sous le gros massif du Loung Phay, formé de brèches de porphyrites. Le Loung Phay est séparé du Pays des schistes par une mince zone de rhyolithes laminées et extrêmement altérées.

Jusqu'au Bassin tertiaire de Cao Bang, la masse schisteuse s'appuie toujours directement sur les rhyolithes écrasées, elles mêmes supportées au Sud par les porphyrites, et à mesure qu'on avance vers le Nord, par des paquets plus complexes formés d'écailles de schistes, rhyolithes et porphyrites.

Notre exposé sera facilité en étudiant séparément ces contacts, dont les coupes de la Planche XXIV donnent l'allure, dans :

I. — La Zone de bordure au Sud de Cao Bang.

II. — La Zone de bordure au Nord de Cao Bang, et les environs de Cao Bang.

I. — Les contacts dans la Zone située au Sud de Cao Bang.

Au Sud de Cao Bang nous avons à considérer les contacts des Schistes du Song Hiem avec les terrains de la Région de Dong Khe et du Quang Uyen. Nous allons commencer par le Sud dans la région de Phyl My pour nous diriger vers le Nord.

Dans la bordure de la Région de Dong Khe au Sud du Dôme de Phyl My, le contact est d'abord très simple (coupe x, Pl. XXIV). Il est plus compliqué à mesure que l'on remonte vers le Nord,

La coupe ix passant par Dong Khe nous montre l'étirement de l'Ouralien.

Dans la coupe viii passant par le tunnel du Nord de Dong Khe, l'Ouralien et les Calcaires de Ha Lang sont étirés et disloqués. Des débris de calcaire sont déjà pincés dans les lames des schistes qui contiennent à Nam Nang des rhyolithes normales laminées en bancs minces. Ce sont des rhyolithes de cette nature qui supportent le poste de Nam Nang et qu'on retrouve en divers points le long de la route de Dong Khe à Nam Nang où elles ont été signalées par M. GIRAUD [19 p. 16].

La coupe (Fig. 16, p. 147) passant un peu plus au Nord par Tan Than est tout à fait analogue. Partout on voit la base des Schistes du Song Hiem s'appuyer sur le Massif primaire dont la couverture ouralienne, horizontale dans l'ensemble à l'intérieur du Massif, plonge vers le Sud-Ouest par un pli brusque très accusé. Cet Ouralien est souvent étiré au point de ne laisser voir que des témoins laminés comme à l'Ouest de Ban Loung Noc.

En arrivant plus au Nord sur la bordure de la Région du Quang Uyen, le contact est encore plus compliqué.

On voit qu'ici les pressions ont été plus fortes, et, en même temps que la masse ouralienne décollée a glissé en bloc sur le Dévonien écrasé en plis verticaux, il y a eu sur la bordure des arrachements traduits, au Sud par le lambeau du Toc Lang, pris entre deux lames de la Nappe tout en restant en continuité avec l'Ouralien de la région de Dong Khe, et au Nord par le Massif du Signal de Cao Bang, fortement plissé et rebroussé vers l'Est, et par dessus lequel ont passé les Schistes.

La masse charriée elle-même, très plissée et disloquée, présente un ensemble compliqué de rhyolithes, de porphyrites et de schistes, le tout extrêmement laminé et renfermant des débris étirés, arrachés au pays autochtone.

Sur la bordure, les calcaires ouraliens ont perdu l'aspect tranquille de l'intérieur du Quang Uyen ; ils sont en grande partie à l'état de brèche, ou laminés avec lames parfois verticales.

Nous décrivons avec quelques détails les contacts des environs du Toc Lang. Ces contacts ont l'intérêt de nous expliquer l'origine des paquets calcaires isolés pincés dans les Schistes du Song Hiem au voisinage de la bordure des terrains autochtones.

La coupe vii montre, sur son substratum dévonien encore peu plissé, un entablement ouralien à peu près horizontal. A l'Ouest cet ensemble, qui forme la naissance du petit massif du Toc Lang, plonge sous la Nappe qui le coupe en biseau ; les matériaux de la Nappe, passant par dessus le Toc Lang, viennent former un petit repli synclinal qui descend au contact même des schistes ciféliens dans le ravin de Na Thong, prolongé

au Nord par la vallée du Song Bang Giang. Ici les calcaires ouraliens du sommet du Toc Lang sont encore en continuité avec ceux de la couverture du Quang Uyen.

Plus au Nord, sous l'influence du mouvement de la masse des Schistes, les calcaires du Toc Lang commencent à s'arracher du substratum. La partie ouest gagne de l'avant, formant ainsi un anticlinal qui se couche sur le petit synclinal des Schistes dans la vallée du Song Bang Giang.

Puis le mouvement s'accroît, et la tête anticlinale couchée se détache complètement de sa racine et donne un paquet isolé, non continu en profondeur, compris entre deux lames des Schistes du Song Hiem.

Nous sommes arrivés à la hauteur de la coupe VI. On peut voir sur notre dessin cette tête anticlinale isolée, prise dans la masse déjà compliquée des Schistes du Song Hiem.

Il existe ici une formation très importante de brèche mylonitique curieuse, composée d'éléments anguleux variés, avec débris de calcaires et de schistes, et surtout des débris d'une roche très siliceuse qui me paraît avoir pour origine l'écrasement des rhyolithes.

En poursuivant vers le Nord, cette tête anticlinale va s'amincir et se fragmenter et l'on n'en verra plus que des débris isolés, comme celui qui figure sur la coupe V, à la hauteur de Cao Bang, perdu à l'Est de la plaine où il forme un petit rocher de brèche reposant sur une épaisseur déjà considérable d'écailles des Schistes du Song Hiem.

Nous avons cru devoir insister sur cet exemple particulièrement net, car il donne l'explication de la présence, tout le long de la bordure des Schistes du Song Hiem, de petits massifs, ou même de simples blocs de roches pincés, (comme ceux que l'on peut voir un peu partout, en pénétrant dans les mamelons à l'Ouest de la route de Nam Nang à Cao Bang, et parfois sur le bord même de cette route).

Je signalerai en particulier du Sud au Nord :

1° — De petites lames de calcaire très laminé prises dans la roche éruptive à 1 kilomètre au Sud de la cote 329 ; ces calcaires rappellent les calcaires dévoniens.

2° — Un grand rocher de marbre blanc saccharoïde à Khoueï Dam, à moins de 500 m. de la route, à l'Ouest de la cote 529.

3° — De curieux blocs de calcaire noir à liserés de phtanites visibles à Khoueï Tho, à 12 kilomètres environ au Sud-Sud-Est de Cao Bang (Photographie B, Pl. IX).

4° — Un paquet de calcaire à Na Lung avec la roche très chargée en fer que nous connaissons dans le Lu Khu ; ce calcaire, qui n'a pas fourni de fossiles, présente l'aspect de l'Ouralien.

5° — Des bancs de calcaire chloriteux près de Khoueï Chieu à 6 kilomètres environ au Sud-Est de Cao Bang.

6° — Il est utile enfin de signaler un galet de granite à pyroxène provenant du ruisseau de Keo Put, à 5 kilomètres au Sud de Cao Bang, alors que je n'ai trouvé aucun affleurement de granite dans la région.

Nous allons étudier maintenant l'allure particulière du contact des Schistes du Song Hiem et du massif du Signal de Cao Bang. Ce dernier se présente sous l'aspect

d'une falaise verticale perchée à une grande hauteur au sommet des pentes des Schistes du Song Hiem.

Revenons au niveau de la coupe iv. Cette coupe nous montre, à l'Est du Song Bang Giang, les éléments inférieurs des Schistes du Song Hiem dominés par la falaise ouralienne. Le Synclinal charrié du Song Bang Giang a, dans son mouvement, redressé les calcaires, et les a plissés. En même temps il les a dépassés et a formé, au Sud-Est d'An Lai, à l'Est du signal de Cao Bang, un synclinal analogue à celui du ravin de Na Thong, à l'Est du Toc Lang.

Mais ici, le phénomène n'ira pas plus loin et nous ne verrons pas le Massif du Signal de Cao Bang se séparer de son substratum comme celui du Toc Lang ; ce sont les plis du Massif du Signal de Cao Bang qui vont s'enfoncer au Nord-Ouest sous les porphyrites de Nam Loat pour se raccorder en profondeur au Nord et à l'Est avec les calcaires du Lu Khu, amenant ainsi la terminaison au Nord-Ouest du Synclinal d'An Lai, dont les schistes viennent se confondre avec ceux du reste de la nappe.

L'arrachement des calcaires ouraliens est donc limité à la bande qui va de Na Thong jusqu'au Nord de Nam Loat, c'est à dire à une vingtaine de kilomètres de longueur.

II. — Les contacts dans la Zone située au Nord de Cao Bang et les environs de Cao Bang.

L'étude de la Zone de Cao Bang nous a montré que le contact anormal des Schistes du Song Hiem et du Massif primaire autochtone se compliquait de plus en plus à mesure que l'on avançait vers le Nord.

Au Nord de Cao Bang nous allons voir le phénomène inverse se produire et les écailllements complexes de la région de Cao Bang, en partie masqués par son Bassin tertiaire, vont disparaître peu à peu en remontant la vallée du Song Bang Giang, en même temps que les Schistes du Song Hiem perdent de leur importance et n'occupent plus qu'un synclinal à fond plat, le Synclinal de Soc Giang, entre le Massif autochtone primaire du Lu Khu à l'Est et le Massif complexe du Lung Xung à l'Ouest. Ce dernier est un dôme formé pour la majeure partie par une réapparition en fenêtre des terrains du Lu Khu.

Contrairement à ce que nous avons fait pour la Zone située au Sud de Cao Bang, il nous sera plus commode, pour décrire la Zone du Nord, de procéder du Nord au Sud. Nous examinerons ici en même temps la Fenêtre de Phieng Dia qui se rattache de trop près à l'étude des contacts de la Zone du Haut Song Bang Giang pour l'en séparer.

Nous adopterons donc l'ordre suivant :

A. — Le Synclinal de Soc Giang et la partie Nord de la bordure de Lu Khu.

B. — La vallée du Haut Song Bang Giang et les contacts de la bordure ouest du Lu Khu.

C. — Les environs de Cao Bang.

D. — La Fenêtre de Phieng Dia.

a. — *Le Synclinal de Soc Giang et la partie nord de la bordure du Lu Khu.*

Au Nord-Ouest du Territoire militaire de Cao Bang, le petit Massif de Ma Lip, qui se raccorde, à travers le canyon du Tan Boum, avec le Lu Khu, n'est séparé de la Fenêtre du Lung Xung déjà indiquée dans notre introduction tectonique, que par la vallée du Song Bang Giang, profondément creusée dans des calcaires ouraliens assez étirés ou érodés en ce point pour montrer par une toute petite fenêtre, à Na Xat, les Schistes à *Spirifer speciosus* (coupe 1, Pl. XXIV).

Au Nord, en Chine, des mamelons de schistes appartenant aux Schistes du Song Hiem viennent reposer sur la continuation du Lu Khu et sur le Massif du Lung Xung.

Le petit Massif de Ma Lip, qui plonge nettement vers le Sud, et la masse primaire du Lu Khu qui s'enfonce à l'Ouest-Sud-Ouest sous les schistes par un pli brusque simulant une flexure, pour se redresser plus brusquement encore à l'Ouest en donnant la falaise rectiligne qui limite le Lung Xung, entourent la terminaison d'un synclinal désigné plus haut sous le nom de Synclinal de Soc Giang : c'est un synclinal à fond plat à tel point que, un peu plus au Sud, l'érosion profonde du Song Bang Giang met à nu, un peu partout, le contact des Schistes du Song Hiem qui remplissent ce Synclinal, et du substratum autochtone.

Dans la partie de ce Synclinal située au Sud de Soc Giang et à proximité de ce poste, la Nappe comprend uniquement des schistes d'une extrême banalité, avec quelque grès subordonnés. On n'y trouve ni roches éruptives, ni calcaires étirés.

Entre le Tan Boum et Na Giang, le contact des calcaires et des schistes a lieu suivant une étroite vallée qu'emprunte la nouvelle route de Cao Bang à Soc Giang. Dans la partie nord de ce trajet les calcaires passent simplement sous les schistes avec une direction parallèle au contact (coupe II).

b. — *La vallée du Haut Song Bang Giang et le contact de la bordure sud-ouest du Lu Khu.*

Plus au Sud, vers Na Giang, le contact est plus compliqué. Les calcaires forment un petit anticlinal annexe, à peu près semblable à celui du Signal de Cao Bang, l'anticlinal de Na Xa, (coupe III) ; ils se prolongent au Nord-Ouest par un petit dôme calcaire, les rochers de Khoueï Ma, qui apparaissent dans un cirque creusé au milieu des Schistes du Song Hiem et plongent périphériquement sous ces Schistes, pour se raccorder en profondeur, à l'Est, avec les calcaires du Lu Khu.

Près de Na Giang, les calcaires ouraliens s'étirent, et les Schistes du Song Hiem entrent en contact avec les calcaires et avec les schistes dévoniens. On voit très bien, à 500 m. au Sud-Ouest de Na Giang, affleurer les calcaires noirs dévoniens en minces bancs laminés et tordus, sous un petit paquet d'Ouralien complètement étiré au moment de passer sous les schistes de Choc Kit.

Les schistes de la vallée de Na Giang forment ainsi un petit synclinal qui s'aplatit vers le Nord pour se fondre dans le grand Synclinal de Soc Giang. Vers le Sud-Est.

ce synclinal se coince, et à quelques kilomètres de là, l'Ouralien de l'Anticlinal de Na Xa n'est plus séparé par aucun pli du Lu Khu.

Au Sud de Na Giang et jusqu'un peu à l'Ouest de An Lai, le Lu Khu forme vers le Sud-Ouest une pente escarpée, assez uniforme, creusée par l'érosion de ravins parallèles très réguliers laissant entre eux des arêtes rocheuses qui donnent à cette bordure un aspect très particulier.

Nous venons de voir comment se présente, suivant une zone étroite, le contact du Lu Khu et des Schistes du Song Hiem.

Nous allons nous éloigner un peu vers l'Ouest, où l'érosion poussée du Song Bang Giang nous permettra d'étudier les contacts intéressants que nous avons signalés plus haut.

Les calcaires du Lu Khu, après un pli qui les amène au niveau de la plaine, restent à peu près horizontaux et donnent une curieuse zone de contact complexe à peu près au niveau de la vallée du Song Bang Giang. Cette zone, mise à nu par l'érosion dans la région de Na Giang et le long de la vallée du Song Bang Giang jusqu'au delà de Nuoc Hai, est masquée au Nord-Est de Nuoc Hai (entre Nuoc Hai et le Lu Khu) par l'épaisse série des schistes et des roches vertes appartenant à la Nappe du Song Hiem et qui forment les hautes collines du Nord de Cao Bang. (Photographie B, Pl. X).

Dans la vallée du Song Bang Giang apparaissent des rochers peu étendus, tantôt dévoniens, tantôt ouraliens, ou les deux, l'Ouralien étant accompagné souvent de fer ; l'ensemble est naturellement laminé ou à l'état de brèches, et accompagné de roches vertes microlithiques ; la zone de friction, marquée de plus par des brèches très complexes, visibles au Nord de Nuoc Hai, et où il y a de tout, s'enfonce au Sud-Ouest sous les schistes du Tong Mai.

Une bonne coupe de cette région, passant un peu au Nord de Na Giang et par le Cao Mia, nous donne de l'Est à l'Ouest, du Lu Khu au Lung Xung, les éléments suivants : (voir la coupe III. Les chiffres entre parenthèses se rapportent aux numéros des horizons indiqués sur la Planche XXIV).

1° — Les calcaires ouraliens fossilifères du Lu Khu (10) montrant en fenêtre l'affleurement dévonien de Noc Mo.

2° — Le petit synclinal des Schistes du Song Hiem occupant la vallée de Na Giang (13). Les calcaires ouraliens du Lu Khu s'étirent ici localement entre les Schistes du Song Hiem et le Dévonien du substratum.

3° — Plus à l'Ouest les calcaires ouraliens forment l'Anticlinal de Na Xa (10) cité plus haut ; ces calcaires s'étirent à nouveau localement vers l'Ouest entre les Schistes du Song Hiem remplissant le Synclinal de Soc Giang, et un petit dôme des terrains du substratum (4 et 5). Cet étirement est marqué par de gros blocs de calcaires ouraliens, emballés dans les schistes, bien visibles sur l'ancien chemin de Soc Giang par Khu Ma, à 1 kilomètre au Nord du village de Thua Kha.

4° — lame des schistes du Song Hiem avec quelques roches laminées à quartz à extinctions roulantes et points blancs (coupe III).

Plus à l'Ouest cette lame n'est plus représentée que par sa base ; elle montre des roches vertes très écrasées et forme le petit massif du Cao Mia (529 m.). Mais, à la base des deux flancs du Cao Mia, on voit encore en fenêtres des rochers calcaires qui représentent un petit anticlinal du substratum (10). La zone de contact, assez épaisse

et extrêmement écrasée, contient des débris de toute nature ; cette zone est particulièrement importante au Sud de Mo Xat où l'on trouve un terrain renfermant, avec des blocs de calcaires en brèche, quelques débris de la roche ferrugineuse commune dans le Lu Khu, des brèches de friction à éléments quartzeux, et de gros blocs isolés de magnétite presque pure (1).

5° — Enfin, plus à l'Ouest encore, la zone broyée du Cao Mia s'enfonce sous les rhyolithes écrasées et les Schistes du Song Hiem qui forment les mamelons du Tong Mai ; la continuité des schistes des mamelons du Tong Mai avec ceux du Synclinal de Soc Giang, interrompue seulement par la vallée du Song Bang Giang, est facile à rétablir.

A quelques kilomètres au Sud la coupe serait peu différente (cette coupe n'est pas portée sur la Planche).

Les pentes du Lu Khu s'enfoncent directement sous des schistes argileux, avec parfois interposition d'une zone de brèche quartzeuse ; le vallon de Dong Oan laisse, encore une fois, voir un petit anticlinal des calcaires du substratum ; puis, après la traversée des collines de Dai Lai, formées de schistes avec lames schistoïdes de roches vertes à mouches de chalcopyrite, on arrive à la vallée haute du Song Bang Giang : sous des roches vertes apparaissent de petits massifs de brèches calcaires, au milieu d'une brèche complexe comprenant des calcaires, de la roche ferrugineuse, des schistes, et formant des affleurements importants au Nord de Nuoc Hai. En arrivant à la vallée basse du fleuve on trouve un peu de poudingue tertiaire. De l'autre côté des alluvions de la vallée, quelques lames de calcaires étirés et de brèches s'enfoncent sous la masse du Tong Mai.

c. — *Les environs de Cao Bang.*

Poursuivant notre route vers le Sud, nous revenons à la région très disloquée de Cao Bang.

Aux environs même de Cao Bang les alluvions de la vallée et les restes du bassin tertiaire ne permettent pas une coupe complète. Nous examinerons donc d'une part la région comprise entre le Bassin de Cao Bang et le Massif primaire autochtone, d'autre part la région située à l'Ouest de ce bassin.

La nouvelle route de Cao Bang à An Lai permet de se rendre compte de la complexité du contact. Après le passage de la rivière on entre immédiatement dans des roches vertes à types très variés, depuis des roches microlithiques jusqu'à des roches entièrement grenues.

La partie ouest de cette série renferme le petit rocher de brèche calcaire dont nous avons parlé plus haut, dernier résidu de l'écaille qui a pris naissance à Toc Lang (coupe v).

(1) Mo Xat (en annamite : mine de fer) a été un centre important, sous la domination chinoise, de l'industrie du fer. On exploitait les blocs répandus dans les alluvions, traités par la méthode catalane. Nous verrons un autre Mo Xat dans la région de Ngan-Son.

Plus loin la route traverse un ensemble de rhyolithes extrêmement laminées, avec bancs de calcaires complètement écrasés. Ce massif est traversé par une gorge étroite que suit la rivière d'An Lai.

Les lames sont très redressées, presque verticales, mais cependant avec pendage d'ensemble vers le Sud.

A l'Est de ces hautes collines se retrouve un pays de schistes en bancs bien lités, à pendages assez réguliers, se poursuivant jusqu'au Massif calcaire de Cao Bang ; mais certains de ces schistes, si on les examine au microscope, se trouvent être des calcaires feuilletés par la pression, des grès laminés, parfois des rhyolithes.

En divers points du massif à allure de schistes et du massif éruptif, et surtout à leur contact, on rencontre une formation de brèche siliceuse dans laquelle le microscope ne décèle que du quartz. Nous avons souvent trouvé de telle brèche à la base des Schistes du Song Hiem.

En arrivant au pied de la muraille du Signal de Cao Bang, la route de An Lai pénètre à nouveau dans les roches vertes qui forment le piton de Nam Loat (673 m.) et qui recouvrent la terminaison nord du Massif du Signal de Cao Bang. Ces roches microlithiques laminées ne montrent plus que des débris de pyroxène.

Nous ne discuterons pas ici l'origine des roches éruptives, que nous retrouverons plus tard. Nous signalerons seulement, dans la zone que nous étudions, une série d'affleurements d'un splendide gabbro à mica noir et à olivine disposés suivant une ligne nord-ouest — sud-est ; ces affleurements paraissent former, dans l'ensemble des terrains considérés, un dyke récent peut-être en relation avec les failles du bassin tertiaire dont nous aurons à nous occuper (voir ci-après le Bassin tertiaire de Cao Bang).

Au Nord de Cao Bang, les roches vertes se prolongent vers le Nord-Ouest (1) et forment, entre le Lu Khu et la vallée de Song Bang Giang, les hauts sommets du Cao Sam (Photographie B, Pl. VII).

Tout l'ensemble des Schistes du Song Hiem des environs de Cao Bang va s'appuyer au Nord-Ouest sur les pentes du Lu Khu.

À l'Ouest du Bassin tertiaire de Cao Bang, une coupe des Schistes du Song Hiem et de leur substratum (coupe IV) peut facilement s'étudier en suivant le nouveau chemin qui, partant de Nuoc Hai, va rejoindre la route de Cao Bang à Nguyen Binh à une vingtaine de kilomètres de Cao Bang.

A partir du Song Bang Giang cette coupe, après avoir traversé les Terrains tertiaires, nous montre d'abord la zone de contact des Schistes du Song Hiem avec leur substratum. Cette zone contient des brèches, des porphyrites, de la roche ferrugineuse et de la magnétite comme au Sud de Mo Xat ; elle s'étire aux environs du petit village de Ke Chang entre des calcaires ouraliens broyés appartenant au substratum et la terminaison méridionale du massif calcaire de Na Ngoa, dépendance du lambeau de recouvrement du Binh Lang. On voit très bien, aux environs de Ke Chang, le petit massif des calcaires autochtones très froissés, de faible altitude, brusquement dominé au Nord-Ouest par la masse élevée des calcaires charriés de Na Ngoa.

(1) Ces roches renferment fréquemment ici, comme dans la région de That Khe, des filonnets remplis de courtes fibres d'amiante.

En continuant vers le Sud-Ouest, on retrouve les Schistes de Song Hiem qui admettent à leur base une épaisseur considérable de rhyolithes, dans le pic aigu du Khau Leu, de 808 m. d'altitude. Ces rhyolithes forment un paquet discontinu qui s'étire également vers le Sud entre les Schistes et le substratum. Au Sud du pic du Khau Leu, entre ce pic et les hauts mamelons des Schistes du Song Hiem du Khau Khau (741 m.), l'érosion met à nu les terrains autochtones de la Fenêtre de Phieng Dia.

d. — *La Fenêtre de Phieng Dia.*

La Fenêtre de Phieng Dia est occupée par un complexe schisto-calcaire très disloqué dans lequel M. JACOB et moi avons trouvé des fossiles rapportés d'abord à la faune de Hamilton. Mais la comparaison de ces fossiles avec ceux des faunes analogues de la Fenêtre de Yen Lac me les fait attribuer au Dévonien supérieur (voir partie stratigraphique p. 89). Au Sud, le Dévonien supérieur est recouvert par l'immense étendue des Schistes du Song Hiem qui, près de la Fenêtre de Phieng Dia, laissent apparaître au fond de quelques ravins, à la faveur de l'érosion, de rares blocs de calcaires du Dévonien moyen (notamment à Thin Tang, petit village situé au fond d'un ravin à l'Est du Khau Khau, où l'on voit des calcaires noirs avec *Favosites*).

Le Dévonien supérieur se voit très bien le long de la route de Cao Bang à Nguyen Binh. Il est composé d'un ensemble de schistes avec rares lydiennes et grès, coupé de bancs de calcaires noirs, marneux, parfois un peu siliceux, en lames très redressées.

Les calcaires du Dévonien supérieur de Phieng Dia sont toujours très laminés et montrent souvent, comme à Na Chia, des plans de friction teintés en rouge par de la limonite.

Au contact du Khau Leu, les calcaires sont à l'état de brèches de friction. On y trouve également des mylonites de rhyolithes.

9. — LES ROCHES ÉRUPTIVES DANS LE MASSIF AUTOCHTONE PRIMAIRE DE L'EST DE CAO BANG

Nous n'avons rencontré dans le massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang aucune des roches éruptives acides si communes dans les Schistes du Song Hiem.

En revanche, nous y avons recueilli des nombreux échantillons de roches éruptives basiques, appartenant exclusivement à deux séries :

I — Roches vertes, contenant toujours du pyroxène, dont la structure varie entre une ophite presque grenue (une diabase), et une roche microlithique, en passant par des ophites et des labradorites. Le feldspath est généralement du labrador, mais peut être plus acide et arriver à de l'andésine.

II — Roche ferrugineuse.

Nous ne décrirons pas ici ces roches au point de vue pétrographique, nous réservant de le faire dans la cinquième partie de cet ouvrage, et nous ne les examinerons qu'au point de vue du gisement, très différent d'ailleurs pour les deux séries.

I. — Roches à pyroxène.

Ces roches sont très fréquentes, mais paraissent, à première vue, disséminées un peu au hasard en massifs ou filons plus ou moins importants. On peut cependant grouper ces affleurements suivant cinq ou six traînées dirigées nord-ouest — sud-est. Nous allons examiner les principaux affleurements en les classant suivant ces alignements, de l'Est à l'Ouest :

a. — Affleurements de Ban Cra et de Ban Gioc.

Il y a aux environs de Ban Cra deux affleurements très réduits d'ophite très altérée, situés, l'un à 1200 m. à l'Est et l'autre à 2 kilomètres au Nord de cette localité ; tous deux ont traversé les lydiennes de la Série de Ha Lang.

Dans la région de Ban Gioc les calcaires dolomitiques eiféliens et parfois la Série de Ha Lang sont injectés sur une assez grande surface par une roche verte qui a décoloré à son contact les calcaires noirs dévoniens. Cette roche forme des mamelons bas, arrondis, de faible surface, disséminés dans la vallée de la Kouei Chouan.

b. — Affleurements de Lung Xum se continuant jusqu'à Chi Choi.

Au Nord du Massif calcaire du Synclinal de Vinh To, dans la région de Lung Xum et Lung Bua, à 5 kilomètres environ au Sud-Sud-Ouest de Ban Cra, des affleurements assez importants de roche verte, parfois presque grenue, montent dans les calcaires et occupent le fond de divers cirques. On peut voir aux environs de Lung Bua cette roche coupant nettement les strates calcaires qui la dominent.

Ces affleurements semblent se mettre en continuité, par l'intermédiaire d'un tout petit pointement situé dans les schistes et grès du Bong Son, avec des mamelons bas de roches de la même série situés dans la vallée de la Kouei Chouan, au Nord-Est de Po Tau, et se continuer par les mamelons qui supportent l'ancien poste de Chi Choi. Mais dans ces derniers, la roche, particulièrement altérée, est difficilement reconnaissable.

c. — Affleurements de Ha Lang et de l'Est de Trung Khanh Phu, jalonnés à travers l'Anticlinal du Bong Son et se poursuivant au Sud jusqu'à Tham Ray.

Ces affleurements, constitués surtout par des roches passant d'une diabase à une porphyrite, sont bien visibles dans le bas de la route de Ha Lang à Ban Cra à son entrée dans les calcaires du Synclinal de Vinh To, où on les suit assez longtemps.

Vers le Nord, cette traînée se poursuit dans le Dôme du Bong Son où elle est jalonnée par de petits affleurements sporadiques ; mais, au Nord-Ouest du Bong Son, dans la partie orientale du Synclinal de Tu My, ces roches vertes sont assez abondantes. On les retrouve encore, formant de petites buttes aplaties, à l'Est de Trung Khanh Phu, à proximité du chemin de Trung Khanh Phu à Ban Gioc ; ces roches montent ici dans l'Eifélien calcaire et le Givétien à *Stringocephalus Burtini*.

Vers le Sud cette même trainée se continue à travers le Pays de Ha Lang, par les affleurements assez importants de Tham Dia (3 kilomètres au Sud-Ouest de Ha Lang), jusqu'au voisinage de la frontière, au hameau de Tham Ray, à 3 kilomètres environ à l'Ouest de Bi Ha.

Cette trainée occupe une certaine largeur et correspond à une véritable zone irrégulièrement injectée par la roche verte, souvent plus abondante au voisinage du plan de décollement de l'Ouralien.

d. — *Les roches du plateau de Hang Ga et celles du voisinage du Song Ba Vong, près de l'embouchure de la Nam Ta.*

Des massifs de roches vertes, parfois assez importants, se trouvent au milieu de la Série de Ha Lang, près de l'embouchure de la Nam Ta et à l'Ouest du massif de Vy Vong ; ces affleurements semblent continuer ceux qui occupent le Plateau de Hang Ga et plus particulièrement l'Ouest de ce Plateau, à Phia Phuoc et à Khuoi Phuang.

Suivant la même trainée on peut signaler également quelques roches très altérées, presque entièrement transformées en micropegmatite secondaire, à Pho Lung, sur la route de Quang Uyen à Tong Hue, au voisinage du point où cette route quitte les calcaires ouraliens décollés.

e. — *Les roches vertes de la Région du Quang Uyen, depuis les environs de Lung Luong jusqu'à la route de Cao Bang à Tra Linh.*

Cette trainée est particulièrement importante et forme, au Nord-Ouest de Lung Luong, de grands mamelons montant dans les calcaires ouraliens de la couverture du Massif autochtone ; elle est presque continue jusqu'au col du Deo Ma Phuc, sur la route de Cao Bang à Tra Linh, où elle s'étend dans les calcaires dévonien du substratum. En descendant du Deo Ma Phuc vers An Lai, les affleurements de la roche verte sont presque ininterrompus jusqu'aux environs de An Lai, où ils se raccordent avec le massif de Nam Loat appartenant à la base des Schistes charriés du Song Hiem. Nous remarquerons cependant que les porphyrites du col du Deo Ma Phuc occupent une position sensiblement inférieure à celles du massif de Nam Loat.

f. — *Roches vertes de la Région de Dong Khe.*

Ici les roches vertes sont particulièrement abondantes et ont pénétré partout dans les Schistes à *Spirifer speciosus* et les calcaires eiféliens du massif, ainsi qu'à la base de l'Ouralien décollé, comme on peut le voir au Nord de Dong Khe, sur la route de Dong Khe à Cao Bang.

Ces roches vertes ont, d'une façon générale, décoloré les calcaires noirs du Dévonien.

J'ai cru devoir insister particulièrement sur les affleurements des roches vertes dans le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang, affleurements qui nous permettent de mettre en évidence les faits suivants :

1° — L'alignement des affleurements suivant des traînées de direction nord-ouest — sud-est, c'est à dire parallèles à la ligne de contact des Schistes du Song Hiem avec les terrains autochtones des Ba Chau.

2° — L'importance de plus en plus grande des roches vertes de l'Est vers l'Ouest, c'est à dire à mesure qu'on se rapproche de la bordure. Dans la Région de Dong Khe, qui, non seulement est voisine des Schistes du Song Hiem, mais plonge périclinalement sous ces Schistes, les terrains autochtones sont complètement injectés par la roche éruptive.

3° — Les roches vertes ne se montrent jamais en coulées interstratifiées, mais seulement en amas injectés, en dykes *recoupant tous les terrains*, et peut-être exceptionnellement, comme au Nord de Ha Lang, en filons couches.

4° — La région d'An Lai semble montrer, au voisinage du col du Deo Ma Phuc, la continuité entre les roches vertes du Massif autochtone, et celles des Schistes charriés du Song Hiem. Au point de vue pétrographique les deux séries sont d'ailleurs presque identiques, le feldspath paraissant seulement un peu plus basique vers l'Est.

II — Roche ferrugineuse.

Cette roche, dont on trouvera la description dans notre partie pétrographique, joue dans l'Ouralien de la Région autochtone de l'Est de Cao Bang, un rôle considérable. Nous la connaissons en effet sur une longueur de plus de 80 kilomètres depuis Phuc Hoa, au Sud-Est près de la sortie du Tonkin du Song Bang Giang, jusqu'au Nord-Ouest de Soc Giang dans le petit Massif de Ma Lip, où elle atteint la frontière du Tonkin dans le Nord-Ouest du Territoire militaire de Cao Bang. Il nous est permis de croire que cette traînée de roche ferrugineuse s'étend plus loin de part et d'autre, au delà de la frontière. Cette roche existe aussi dans l'Ouralien du Pays de Dong Khe et nous l'avons retrouvée très fréquemment dans tous les massifs du Permo-carbonifère que nous avons visités, charriés ou non (Bac Son, Binh Lang, Dong Quan, etc.).

Nous en tenant pour le moment au Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, nous avons observé que, tandis que vers le Sud ces roches occupent seulement la base des calcaires ouraliens, formant au milieu des cirques et le long des vallées d'érosion de petits mamelons très bas, elles prennent plus d'extension en remontant vers le Nord-Ouest. Déjà, dans la Région du Quang Uyen, quelques mamelons isolés assez élevés au milieu des calcaires ouraliens, mais ne dépassant pas en altitude le niveau supérieur de ces calcaires, sont formés de cette roche. Mais c'est dans le Lu Khu que cette roche ferrugineuse va prendre une extension considérable et donner au pays son aspect particulier. En certains points, et sur une largeur pouvant atteindre et peut être dépasser 20 kilomètres (nous sommes limités au Nord-Est par la frontière de Chine), ce sont les calcaires ouraliens qui sont subordonnés à la roche éruptive qui donne ici, sous forme de mamelons dénudés à pentes adoucies, la majeure partie des affleurements. Les calcaires ouraliens, présentant parfois des débris de fusulines, sont noyés

dans cette roche, en paquets plus ou moins importants. En certains points, rares d'ailleurs, elle paraît interstratifiée entre les bancs calcaires, ou injectée entre ces bancs.

Cette roche pose, quant à son origine, deux problèmes intéressants que je n'ai malheureusement pas pu arriver à résoudre d'une façon certaine :

1° — S'agit-il d'une roche sédimentaire ou d'une roche éruptive ?

2° — Quel est l'âge de cette roche et quelles sont ses relations avec les terrains encaissants ?

Je vais énumérer les faits que j'ai pu observer et essayer d'en déduire l'hypothèse la plus probable.

Au point de vue du gisement, cette roche, quand elle paraît fraîche, se présente en bancs assez nets ; mais ce cas est rare et on la trouve le plus souvent sous forme de débris plus ou moins arrondis englobés dans des masses de terres rouges provenant de sa décomposition. Cette roche est exclusivement *cantonnée dans les calcaires ouraliens* ou au voisinage immédiat de ces calcaires. Elle est écrasée en même temps que les calcaires, au point que les morceaux altérés se présentent parfois sous l'aspect de schistes feuilletés violets. La roche fraîche, extrêmement compacte, montre une pâte sur laquelle se détachent parfois des grains arrondis plus sombres. Les surfaces d'altération présentent l'aspect d'une oolithe à assez gros grains. Au microscope on ne voit guère que de la limonite et de la magnétite ; elle semble se présenter sous forme de grains agglomérés de même aspect que le ciment qui les réunit. (Voir description dans notre cinquième partie).

Il semble qu'on pourrait conclure de ce qui précède à une origine sédimentaire. Cette roche serait un fer sidérolithique (1) ouralo-permien.

Cette hypothèse ne me satisfait pas entièrement. La roche fraîche ne ressemble en rien, comme aspect, à une oolithe ferrugineuse. Je ne vois pas dans quelles conditions du fer aurait pu se déposer sous des épaisseurs considérables (plusieurs centaines de mètres au Lu Khu) dans une mer où se formaient en même temps des calcaires construits où les Fusulinidés ne sont pas rares ; en certains points les dépôts altérés de fer et de calcaire auraient dû se répéter plusieurs fois.

Il est bien curieux également qu'une roche détritique de cette nature ne contienne aucun grain de quartz tandis qu'on en trouve assez souvent dans les calcaires ouraliens. Par suite de ces considérations, j'incline à chercher l'origine de cette roche ferrugineuse dans une roche éruptive basique.

Cela n'est en contradiction, ni avec l'allure en bancs indiquée plus haut, cette allure pouvant être attribuée sans difficulté soit à une injection en filons couches, soit à l'écrasement intense dont cette roche et les calcaires montrent partout des preuves, ni avec les grains individualisés assez fréquents dans la roche : ces grains peuvent

(1) Les cartes de M. DEPRAT [56] signalent du fer sidérolithique en des points du Massif ouralien du Dong Quan où je ne suis pas passé. Il n'en est pas question dans son texte. M. JACOB et moi avons recueilli dans le Dong Quan, près de Meo Vac, une roche identique à celle dont il est question ci-dessus.

être des remplissages de vacuoles ; ils peuvent être dûs également à l'altération complète, des bords vers le centre, d'un minéral riche en fer, ou à un retrait lors du refroidissement de la roche.

Je n'ai pu obtenir une analyse complète de cette roche qui contiendrait :

Fer ramené à $\text{Fe}^2 \text{O}^3$	28°/o
Silice	21°/o

Il y aurait en plus une quantité considérable de titane ?
Ces chiffres n'infirmant pas une origine éruptive.

Si l'âge ouralo-permien de la roche est démontré au cas où il s'agirait d'une roche sédimentaire, il n'en est plus de même si son origine est éruptive, et nous devons nous demander si elle est contemporaine du dépôt des calcaires ouraliens ou si elle a été injectée postérieurement dans ces calcaires.

Les arguments qu'on peut donner à l'appui de la deuxième hypothèse sont les suivants :

1°. Les grands massifs que nous connaissons de cette roche ferrugineuse sont situés au voisinage des Schistes du Song Hiem et des porphyrites.

2°. Certaines porphyrites altérées en surface rappellent d'assez près l'aspect de la roche ferrugineuse.

3°. En divers points, notamment à Mo Xat (Nord de Cao Bang) et dans le Quang Uyen, ces roches ferrugineuses se trouvent au contact même des porphyrites, sans toutefois qu'il y ait mélange.

Ces faits peuvent faire interpréter la roche ferrugineuse comme étant une simple dépendance des porphyrites, ayant le même âge et la même origine que celles-ci (1) (nous verrons qu'elles sont concomitantes des charriages). Cette hypothèse n'explique pas la localisation absolue de la roche ferrugineuse dans les calcaires ouraliens, à l'exclusion des calcaires dévoniens du substratum. Dans tous les massifs, et notamment dans le Lu Khu, on peut voir en de nombreux points des affleurements de calcaires dévoniens sans roche ferrugineuse au milieu des calcaires ouraliens qui en contiennent beaucoup. Il est bien difficile d'admettre que cette roche éruptive n'ait injecté au moment du charriage, qu'un seul des éléments, alors que les porphyrites, venues dans le plan de charriage des Schistes du Song Hiem, injectent aussi bien l'Ouralo-permien et le Dévonien du substratum, que des éléments tectoniquement plus élevés que les Schistes.

Nous croyons plus logique d'admettre que la roche ferrugineuse, qu'elle soit d'origine sédimentaire ou éruptive, a été mise en place à la même époque que les calcaires ouraliens. Nous inclinons à considérer cette roche, toutefois avec réserve, comme étant une roche basique de coulée d'âge ouralien, peut-être remaniée postérieurement à sa venue.

(1) M. JACOB fait allusion à ces roches [20, p. 172].

10. — CONCLUSIONS D'ENSEMBLE SUR LA STRUCTURE DU MASSIF PRIMAIRE AUTOCHTONE
DE L'EST DE CAO BANG

Le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang est une région de terrains dévoniens faiblement plissés en dômes ; elle a conservé dans quelques dépressions synclinales des témoins d'une carapace de calcaires ouraliens (1).

Il est inutile d'énumérer à nouveau ces dômes et ces dépressions dont le détail est donné sur notre schéma de la Planche XXII.

Nous pouvons, en partant de la vallée du Song Bang Giang vers la région frontière, c'est à dire du Sud-Quest au Nord-Est, diviser ce massif en deux parties d'allure un peu différente, qui ressortent nettement sur le schéma de la Planche XXII et sur la coupe de la Fig. 17, p. 164.

a — Une zone de bordure au contact des Schistes du Song Hiem.

b — Une zone plus éloignée de la bordure que nous appellerons Zone externe des Ba Chau.

a. — *Zone de Bordure.*

Cette Zone est constituée par les éléments tectoniques que nous avons étudiés sous les noms du Lu Khu, du Quang Uyen, et du Pays de Dong Khe ; on peut y joindre l'Anticlinal de Tra Linh et le Dôme de Cach Linh.

Dans toute cette région, les dômes de terrains dévoniens ont une direction d'allongement nettement nord-ouest — sud-est. Ils sont de plus en plus comprimés en se rapprochant du centre, au niveau de Cao Bang.

Dans la Région de Dong Khe en effet, nous avons vu les dômes élémentaires à peine déformés ; la poussée tangentielle qu'ils ont subie n'est traduite que par le pincement de petits synclinaux de calcaires dévoniens ; en remontant vers le Nord, dans les Régions du Quang Uyen et du Lu Khu, ces dômes sont écrasés au point de former des plis serrés qui, au voisinage de la bordure, montrent des couches verticales. Mais un peu plus au Nord, au Nord de Soc Giang, la poussée paraît avoir été moins intense.

Le maximum d'écrasement des dômes se trouve à peu près au niveau de Cao Bang, en face des grands massifs calcaires charriés appartenant aux Nappes du Song Gam.

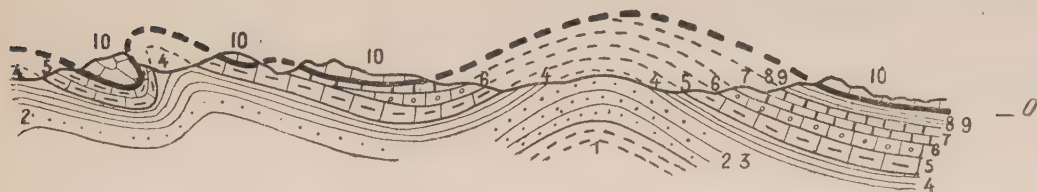
Dans cette même Zone de bordure, l'allure du contact du manteau ouralien avec son substratum change également du Sud au Nord. Ce manteau presque continu, sauf dans la Région de Dong Khe où il a été plus particulièrement érodé, repose partout en discordance tectonique sur les plis du Dévonien ; mais tandis qu'il n'y a pas de discordance angulaire dans le Pays de Dong Khe où le contact anormal est indiqué seulement

(1) M. DEPRAT donne [12, Fig. 2] une coupe du Pays des Ba Chau toute différente de la mienne. Je discuterai cette coupe en même temps que les coupes présentées antérieurement sur le Nord-Est du Tonkin, dans le dernier chapitre de mon étude structurale.

Le Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang a donc été l'objet d'une poussée tangentielle. Les calcaires ouraliens, sous la masse des Schistes du Song Hiem

NE

Zone externe des Ba Chau



Echelle 1:150.000^e environ

de l'Est de Cao Bang et de sa bordure ouest.

HALL. — 2-3. Grès fins micacés avec schistes subordonnés, grès grossiers et poudingues ; liens à *Sp. speciosus* SCHLOTHEIM. — 5. Calcaires noirs et dolomies éiféliens. — 6. Calcaires Schistes en plaquettes et calcaires griottes de Ban Cra. — 10. Calcaires ouralo-permiens.

15. Rhyolithes.

en mouvement, ont été décollés et ont glissé en bloc sur le Dévonien plissé. Tandis que la Zone de bordure a été écrasée en plis presque verticaux coupés par la masse ouralienne, la région plus externe a formé « massif résistant ». On peut même trouver dans la partie de cette Zone externe en contact avec la Zone de bordure, des traces de contre-poussée ayant amené un léger déversement des plis vers le Sud-Ouest, comme cela se voit sur le flanc méridional du Dôme de Cach Linh.

Dans l'intérieur de la Zone externe des Ba Chau, le glissement de l'Ouralien n'est traduit que par la présence de brèches tectoniques, de nombreux étirements, et des déformations peu importantes des dômes existant, en particulier par le déversement vers le Nord du petit Anticlinal du Khan Pung.

Nous avons jusqu'ici toujours parlé de décollement et de traînage de l'Ouralien sur son substratum, mais non de transgression, contrairement à tous les travaux antérieurs sur la région qui nous occupe, travaux dans lesquels les calcaires ouraliens sont considérés comme transgressifs sur le Dévonien plissé.

Les seuls arguments donnés en faveur d'une transgression de l'Ouralien sont le contact anormal de cet Ouralien sur son substratum et la présence d'une brèche de base.

Or, nous n'avons jamais vu, dans le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, à la base de l'Ouralien, de brèche ou poudingue qui puisse être interprété comme dû à un phénomène de transgression ; partout au contraire, les brèches, tout à fait générales à la base de cet Ouralien, présentent tous les caractères d'une brèche tectonique,

d'une mylonite : ces brèches sont formées de morceaux anguleux de toutes dimensions provenant presque tous, non du substratum, mais au contraire des calcaires massifs qui les surmontent, cimentés par de la calcite entièrement cristallisée en très grandes plaques ; cette calcite est facilement clivable en rhomboèdres.

Les éléments eux-mêmes de la Brèche se révèlent comme écrasés, tantôt par la naissance dans les gros grains de calcite de macles multiples, tantôt au contraire par un émiettement de ces grains qui les amène à des dimensions à peine résolubles aux forts grossissements du microscope ; on pourrait les comparer à de la très fine farine agglomérée.

Nous avons déjà signalé les traces d'écrasement et de laminage intenses des bancs dévoniens au contact de l'Ouralien, fait très général qui ne peut trouver son explication dans une transgression.

Le traînage de l'Ouralien sur son substratum s'est encore traduit par les nombreuses suppressions de séries qui affectent à peu près tous les termes que nous connaissons dans le Dévonien de cette région, suppressions d'autant plus marquées que l'on est plus près de la bordure ouest du Massif autochtone ; les calcaires griottes, qui appartiennent pour nous au Dévonien supérieur, ne nous sont connus qu'en lambeaux restreints très écrasés, assez loin de la bordure.

On peut, par une suppression du Carbonifère inférieur et moyen due à ce phénomène, expliquer l'anomalie de l'Ouralien reposant en certains points sur le Dévonien, et plus particulièrement sur le Dévonien moyen, avec des pendages concordants, sans qu'il soit nécessaire d'envisager une lacune stratigraphique due à un arrêt dans la sédimentation.

En résumé, l'étude de l'Ouralien du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang démontre de la façon la plus nette le décollement et le traînage de l'Ouralien sur son substratum ; elle ne permet pas de parler, dans cette région, d'une transgression de l'Ouralien sur un Dévonien plissé.

Si nous résumons maintenant nos diverses considérations sur le contact entre le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang et les Schistes du Song Hiem nous obtenons les résultats suivants :

α. L'ensemble des terrains du Massif autochtone plonge par un pli brusque simulant une flexure sous l'ensemble des Schistes du Song Hiem.

β. Les Schistes du Song Hiem sont charriés sur le Massif autochtone. Ce charriage est démontré, non seulement par l'étirement fréquent de l'Ouralien et l'existence, au contact, de mylonites complexes contenant des éléments variés dont la plus grande partie appartient aux Schistes du Song Hiem (brèche de rhyolithes par exemple), mais aussi par l'allure même du contact.

Nous rappellerons à ce sujet l'arrachement de masses plus ou moins importantes appartenant au substratum, comme le lambeau du Toc Lang, le redressement des calcaires ouraliens du Massif du Signal de Cao Bang, et l'existence à la base de la Nappe de roches exotiques pincées dans des écailles successives des Schistes du Song Hiem. Il est utile également de mentionner le laminage très fréquent des rhyolithes appartenant à l'ensemble des Schistes du Song Hiem, sans oublier l'écrasement des roches vertes qui forment parfois, comme au massif de Lung Phai, des masses considérables de brèches.

Nous n'insistons pas davantage ici sur ces roches éruptives, qui posent un problème important de la Géologie du Nord-Est du Tonkin, et sur lesquelles nous reviendrons.

Nous nous contenterons de rappeler que les roches vertes, que nous avons signalées dans l'intérieur du Massif de l'Est de Cao Bang, se rencontrent à n'importe quel niveau, et s'alignent suivant quelques traînées parallèles nord-ouest — sud-est recoupant tous les terrains ; ces roches sont toutes intrusives, et il n'y a pas de coulées interstratifiées. Elles sont identiques, ou presque, à celles de la base de la Nappe des Schistes du Song Hiem avec lesquelles elles paraissent d'ailleurs en continuité ; elles sont d'autant plus abondantes que l'on est plus près de la bordure ; nous pouvons donc admettre qu'elles appartiennent à la même venue.

Nous ne reviendrons pas non plus sur la roche ferrugineuse exclusivement cantonnée dans l'Ouralien pour laquelle nous admettons, avec réserves, une origine éruptive (coulées basiques d'âge ouralien).

En revanche, nous croyons devoir insister tout particulièrement sur l'absence complète, dans le Massif de l'Est de Cao Bang, des roches éruptives acides si fréquentes à la base de la Nappe des Schistes du Song Hiem.

CHAPITRE II

LA JONCTION DES MASSIFS AUTOCHTONES EXTERNES

Le pays compris entre la terminaison sud du Massif de l'Est de Cao Bang et la partie orientale du Bac Son va nous montrer une zone de contact assez complexe entre les terrains autochtones et les Schistes du Song Hiem.

Nos éléments tectoniques seront les suivants :

1°. A la base, l'Ouralo-permien dont les divers affleurements montrent l'allure du substratum.

2°. Au-dessus, une série triasique schisto-calcaire qui repose par contact anormal sur l'Ouralien.

3°. Cet ensemble s'enfonce vers l'Ouest sous les Schistes du Song Hiem qui reposent, également par contact anormal, soit sur l'Ouralien, soit sur le Trias.

Toute la région est caractérisée par l'extrême abondance des rhyolithes.

Les deux premiers éléments, Ouralien et Trias, forment encore, dans l'ensemble, un pays peu plissé dans lequel se prolonge la structure en dômes de la Zone primaire des Ba Chau.

Ces dômes sont mis en relief par les affleurements de calcaires ouraliens, qui s'alignent nettement suivant une grande courbe qui passe de la direction nord-ouest — sud-est, prolongement de la direction de la bordure du Massif de l'Est de Cao Bang, à la direction nord-est — sud-ouest qui est celle des plis du Bac Son.

Ils apparaissent en général sous un immense massif de roches acides sur lesquelles reposent les formations triasiques. Ces roches acides sont, d'après MM. ZEIL et LANTENOIS [50 et 26], injectées en laccolithes dans le Trias.

Les terrains du substratum, au contact des Schistes du Song Hiem, sont souvent plus ou moins froissés. Les étirements ne sont pas rares.

Nous avons indiqué sur notre schéma Fig. 18, p. 170, les éléments stratigraphiques suivants :

Dévonien.

Ouralo-permien.

Trias.

Schistes du Song Hiem.

Rhyolithes.

Roches vertes des Schistes du Song Hiem.

Nous allons examiner successivement :

1. — Les affleurements ouraliens entre le Massif de Dong Khe et le Bac Son.
Contact avec les terrains sus-jacents.
2. — La couverture triasique.
 - a. Cuvette de Bi Nhi.
 - b. Trias de Diem He.
 - c. Les roches éruptives de la couverture triasique.
3. — Le contact des Schistes du Song Hiem avec la Région autochtone de Lang Son et du Bac Son.
4. — Coup d'œil d'ensemble sur la jonction des Massifs primaires autochtones et sur le Trias de Bi Nhi et de Lang Son.

1. — LES AFFLEUREMENTS OURALIENS ENTRE LE MASSIF DE DONG KHE ET LE BAC SON

Les calcaires ouraliens du Sud de Dong Khe, après leur disparition sous les roches éruptives qui forment les massifs du Nord de That Khe, reparaissent en petits affleurements, à la faveur de l'érosion, dans la boucle du Song Ky Kong, à Ban Nam, à une dizaine de kilomètres au Sud-Est de That Khe.

Ce sont des rochers discontinus, très laminés ou à l'état de brèches, ensevelis sous un massif de roches éruptives également laminées qui représentent la base des Schistes du Song Hiem.

Plus au Sud-Est les calcaires ouraliens forment à Ban Vach une *barre* importante qui se continue par la falaise de Na Cham et le Massif de Dong Dang.

Le Nord de la *barre* de Ban Vach supporte vers l'Est les schistes secondaires de la Cuvette de Bi Nhi, schistes légèrement décollés dans cette région où leur base contient des blocs arrondis de toutes dimensions de calcaire ouralien.

La *barre* de Ban Vach se poursuit au Sud-Est par le petit Massif ouralien de Na Cham qui supporte, toujours au Nord-Est, les schistes de la Cuvette de Bi Nhi (schistes qui ont fourni près de ce contact des *Myophories* du Trias moyen).

C'est le long de cette barre que commencent à paraître des rhyolithes très altérées, rhyolithes qui prennent une extension considérable vers le Sud-Est.

Ces rhyolithes plongent au Sud-Ouest sous la partie la plus septentrionale de la bande des terrains triasiques comprise entre Na Cham et Diem He.

Le poste même de Na Cham est construit sur des rhyolithes très froissées, sur lesquelles s'appuient des bancs disloqués de Trias fossilifère (coupe Fig. 19, p. 172).

Cette coupe nous montre un anticlinal de calcaires ouraliens brisés, dont la retombée nord-est supporte un complexe schisto-calcaire triasique fossilifère au voisinage de l'Ouralien.

Sur la retombée sud-ouest s'appuient d'abord les rhyolithes écrasées du poste de Na Cham. Au Sud-Ouest de Na Cham, sur la rive droite du Song Ky Kong, se trouve un affleurement de calcaire marneux très restreint, qui contient les faunes dont nous avons eu occasion de parler dans notre partie stratigraphique. C'est le gisement du Nord-Est

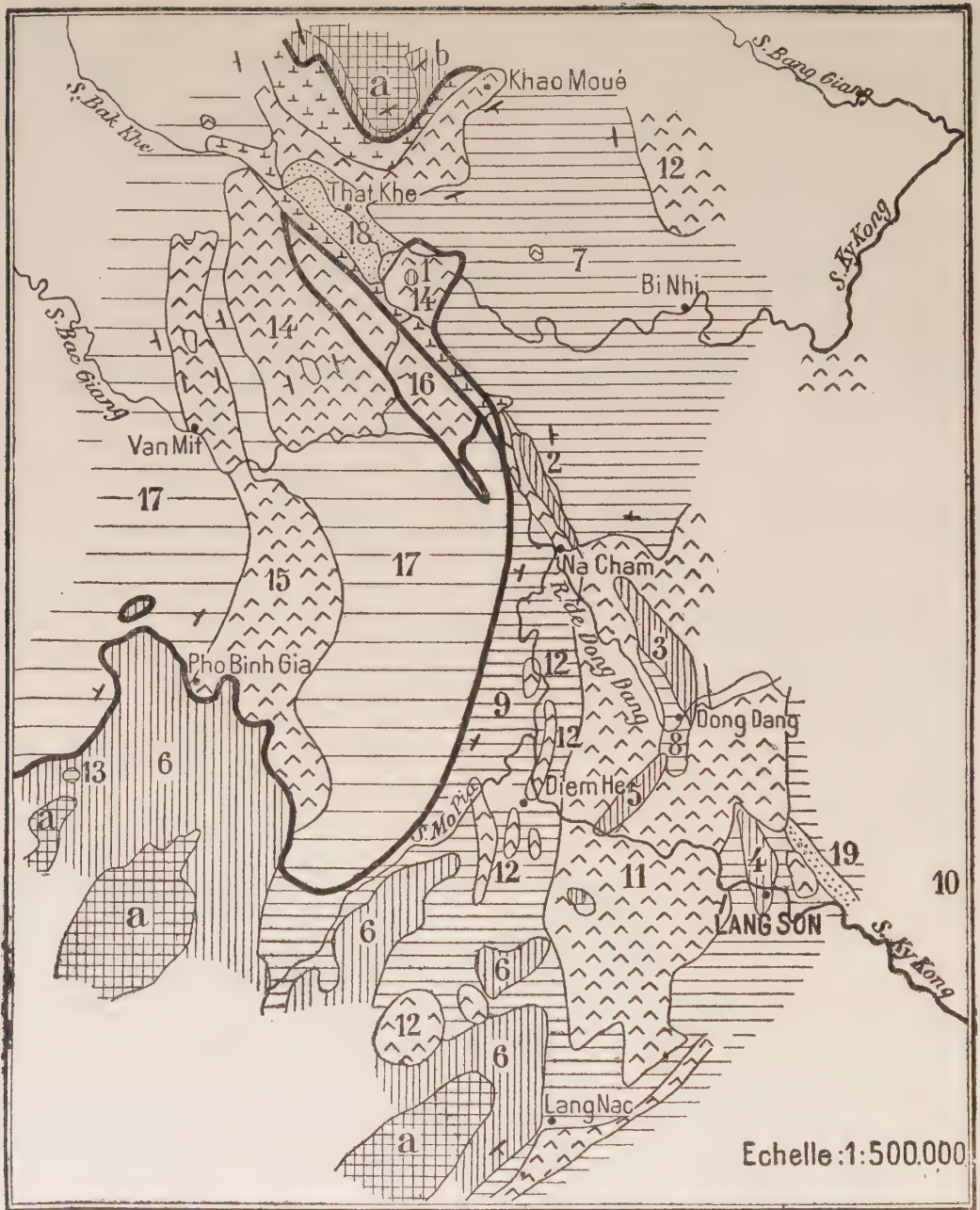
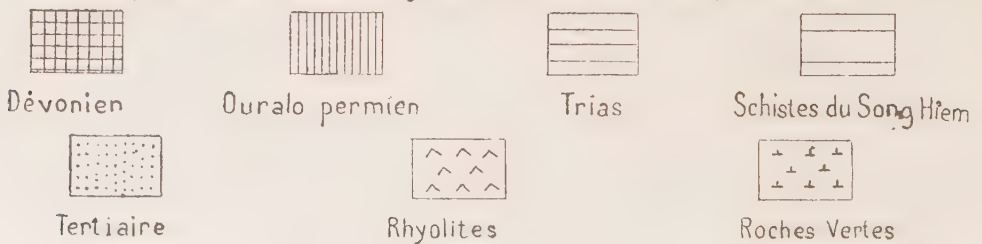


Fig 18. Schema de la Région de Bi-Nhi et de Lang-Son



désigné « a » sur notre coupe Fig. 19, p. 172, qui a fourni la faunule de grands bivalves attribués par M. MANSUY au genre *Cardinia*.

Au contact de ce gisement, un peu plus au Sud-Ouest, se trouvent un peu partout des fossiles triasiques, indiqués en bloc sur notre coupe par la notation « b » ; certains de ces fossiles triasiques ont été recueillis à moins de vingt centimètres du gisement « a ». Sur ces marnes et calcaires marneux passe une bande étroite de mylonite de calcaires noirs, surmontée elle-même par la masse du Trias moyen à Myophories, masse qui comprend des schistes avec bancs calcaires plus ou moins importants.

Le Massif ouralien de Dong Dang, qui prolonge vers le Sud-Est le Massif de Na Cham dont nous venons de parler, forme une voûte anticlinale allongée nord-ouest — sud-est. Cette voûte plonge franchement au Nord-Est sous les rhyolithes. Entre Dong Dang et la « Porte de Chine », au Sud-Est du Massif, un léger pli déversé vers l'Est amène les calcaires ouraliens à dominer les bancs très redressés du Trias (Voir coupe Fig. 20, p. 173).

Au Sud, le Massif de Dong Dang plonge périclinalement sous le Trias. On voit très bien les calcaires ouraliens, *assez froissés et laminés* dans cette partie, affleurer dans le ravin de Pô Ban, à l'Est de la gare de Dong Dang.

Au Sud-Ouest, le contact des calcaires ouraliens est marqué par une brèche complexe, avec rhyolithes écrasées et roche ferrugineuse identique à celle que nous connaissons dans les calcaires ouraliens du Lu Khu et du Quang Uyen ; cette brèche supporte les terrains triasiques fossilifères, avec rhyolithes interstratifiées. Les pendages des bancs du Trias sont très confus (Voir la coupe Fig. 20 ci-après, relevée aux environs de Dong Dang).

Ici, il y a eu visiblement traînage des schistes triasiques sur les calcaires ouraliens.

A l'Ouest, entre le petit Anticlinal ouralien de Khanh Khe et les grands massifs de rhyolithes, on trouve une mince bande d'une roche microlithique plus basique et très écrasée. L'état de cette roche ne nous a pas permis de nous rendre compte s'il s'agissait d'une différenciation dans les rhyolithes, ou d'une injection des porphyrites des Schistes du Song Hiem.

Les schistes et calcaires triasiques des environs de Dong Dang vont se terminer

Légende du Schéma de la Zone autochtone de Bi Nhi et de Lang Son, Fig. 18 ci-contre.

- A — *Zone autochtone.* — a. Dévonien du Bac Son et de Dong Khe. — b. Ouralien de Dong Khe. — 1. Ouralien écrasé de Ban Nam — 2. Barre ouralienne de Ban Vach et falaise de Na Cham. — 3. Dôme de Dong Dang. — 4. Dôme de Lang Son. — 5. Dôme de Khanh Khe. — 6 Calcaires ouraliens du Bac Son.
- B — *Couverture triasique.* — 7. Cuvette de Bi Nhi. — 8. Cuvette de Dong Dang. — 9. Bordure triasique entre Na Cham et Diem He. — 10. Dôme triasique du Mau Son. — 11. Massif de rhyolithes de Lang Son. — 12. Affleurements de rhyolithes de la bordure triasique. — 13. Trias.
- C — *Schistes du Song Hiem.* — 14. Ecaille de rhyolithes du Nui Sam Sao. — 15. Ecaille de rhyolithes de Van Mit — 16. Lambeau appartenant à l'écaille de Van Mit. — 17. Schistes.
- D — *Bassins tertiaires.* — 18. Bassin de That Khe. — 19. Bassin de l'Est de Lang Son.

un peu plus au Sud en cuillère synclinale ; ils se prolongent faiblement au Nord en bancs presque verticaux, suivant la route de Loung Tcheou ; ils paraissent se coincer

entre les calcaires et de belles rhyolithes à inclusions noires un peu au Nord de la Porte de Chine.

Au Nord-Ouest, le Massif calcaire de Dong Dang semble coupé par des failles suivant son axe longitudinal, de sorte que les bancs calcaires de cette région ont l'air de plonger vers le Nord-Est entre deux massifs de rhyolithes. Il n'en est rien, et les blocs de calcaires avec débris de Fusulinidés que l'on peut voir près du Blockhaus de Pac Lung au milieu des rhyolithes, blocs qui, pas plus que les rhyolithes très altérées qui l'entourent, ne sont particulièrement laminés, montrent que ces rhyolithes se sont frayé un passage à travers les calcaires ouraliens après le dépôt de ces calcaires, et qu'il ne s'agit pas ici de contacts anormaux dûs à des charriages, mais d'une rupture des bancs ouraliens due à la venue des rhyolithes.

Une ligne de mylonites curieuses, à éléments très variés (calcaires, schistes, rhyolithes), de direction nord-ouest — sud-est, relie d'une façon presque continue la terminaison sud du Massif de Dong Dang au Dôme de Lang Son. Ces mylonites, à peu près identiques à celles qui existent entre

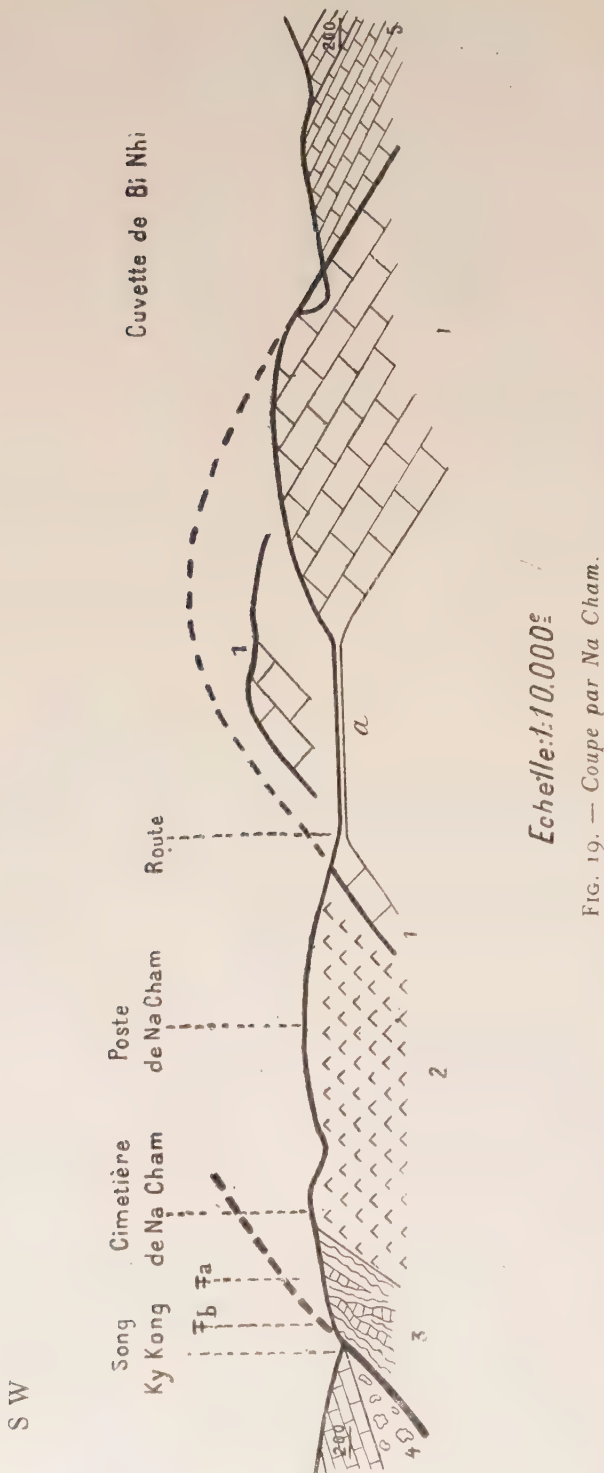


FIG. 19. — Coupe par Na Cham.

LÉGENDE : 1. Ouralien. — 2. Rhyolithes. — 3. Complexe schisto calcaire très disloqué avec fossiles triasiques et grands bivalves attribués au Lias ? — 4. Mylonite de calcaires noirs. — 5. Trias moyen avec bancs calcaires. — a. Alluvions.

l'Ouralien du Massif de Dong Dang et le Trias que cet Ouralien supporte vers le Sud, (Voir coupe Fig. 20), montrent l'existence d'une surface de décollement dans la Région

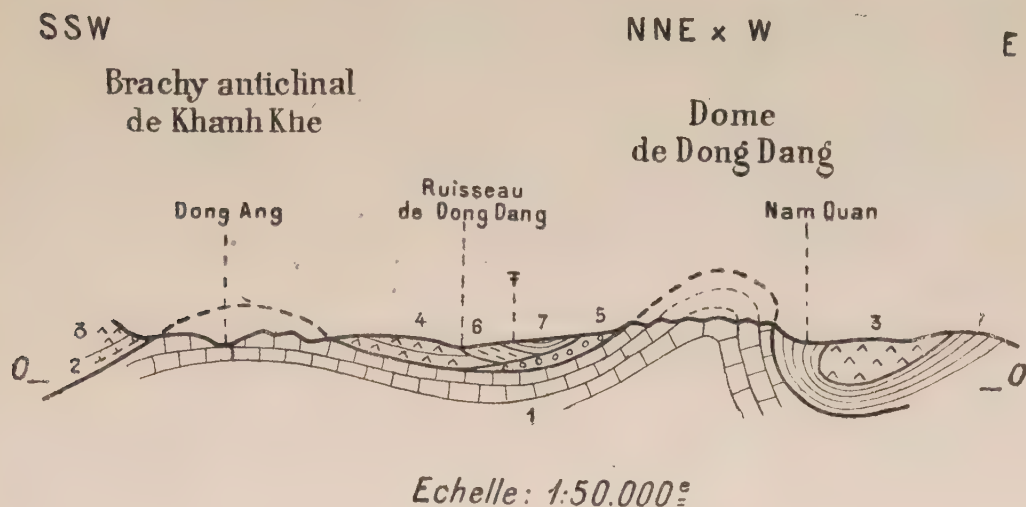


FIG. 20. — Coupe aux environs de Dong Dang.

LÉGENDE: 1. Calcaires ouraliens. — 2 Trachytes laminés. — 3 Rhyolithes. — 4. Rhyolithes laminées. — 5. Brèches mylonitiques complexe avec fer. — 6. Schistes et grès avec bancs de rhyolithes interstratifiées. — 7. Trias moyen fossilifère avec bancs calcaires.

de Lang Son. Les mylonites de la bordure du Massif ou Dôme de Dong Dang sont d'ailleurs en continuité, suivant une même ligne droite, avec celles de Dong Dang à Lang Son.

Le Dôme de Lang Son, presque complètement érodé et masqué par les alluvions de la vallée du Song Ky Kong, ne montre plus qu'une série de témoins plus ou moins étendus, dont les plus importants sont les rochers de Ky Lua.

D'autres rochers de calcaires ouraliens se rencontrent assez loin vers le Sud.

L'ensemble calcaire du Dôme de Lang Son s'enfonce périphériquement sous les schistes triasiques et les rhyolithes, sauf au Nord-Ouest de Ky Lua où un petit accident local semble faire passer les calcaires sur les schistes. Au Nord-Est de Lang Son ils sont séparés des schistes et rhyolithes par une mince couche de brèche broyée (1).

(1) C'est cette brèche, représentée par une lame d'environ 1 m. d'épaisseur, que décrit M. LANTENOIS. [26, p. 24] en les termes suivants :

« un petit banc de poudingue à ciment calcaire et composé de galets de calcaire ouralien permien » et qu'il interprète comme étant « l'indice d'une ancienne ligne de rivage voisine ». L'aspect de cette brèche, très laminée, nous porte plutôt à penser qu'il s'agit d'un banc de mylonite, dû à un décollement. Ce banc se met en continuité avec la brèche que nous avons signalée sur la route de Lang Son à Dong Dang, brèche qui contient, avec des débris de calcaires ouraliens, des morceaux de rhyolithes. Cette brèche ne peut donc pas être une brèche de base du Trias puisque les venues de rhyolithes sont postérieures à la base du Trias.

Les mêmes calcaires forment un petit affleurement, très brèche et écrasé, à 3 kilomètres au Sud-Ouest de Lang Son, sur la route de Diem He; cet affleurement supporte là des schistes du Trias où de mauvaises Ammonites ont été signalées par M. COUNILLON et attribuées au genre *Danubites*. J'ai pu y recueillir moi-même un *Ceratites* rapporté avec doute par M. MANSUY à *C. trinodosus* V. HAUER.

Revenons à 10 kilomètres au Nord-Ouest.

Un peu au Sud de Dong Dang les calcaires ouraliens reparaissent sous les schistes et rhyolithes de la petite cuvette de Dong Dang pour former le Dôme allongé de Khanh Khe qui passe peu à peu de la direction nord-sud, suivant laquelle il prolonge le Dôme de Dong Dang, à la direction nord-est — sud-ouest qui sera celle du Bac Son.

En continuant vers le Sud-Ouest, le Dôme de Khanh Khe se prolonge par les calcaires ouraliens de Du Kin avant de rejoindre le pli médian du Bac Son.

A l'Est des affleurements calcaires de Du Kin, un petit dôme qui paraît au milieu du massif rhyolithique, le Dôme de Dong Quan, semble établir la continuité entre le Dôme de Lang Son et le pli sud du Bac Son.

La courbe formée par les affleurements ouraliens de Dong Dang, Khanh Khe et Du Kin d'une part, les petits dômes plus excentriques de Lang Son et de Dong Quan d'autre part, nous montrent que partout, dans cette région, l'Ouralien est à une faible profondeur sous le revêtement de schistes triasiques et de rhyolithes. Partout le contact du Trias sur l'Ouralien est anormal et se fait par l'intermédiaire de bancs froissés et même de véritables mylonites.

Le Bac Son. — Je n'ai étudié du Bac Son que sa pointe nord aux environs de Pho Binh Gia et j'ai rapidement parcouru sa limite au Nord-Est.

C'est un massif calcaire élevé qui ne diffère en rien du Massif du Quang Uyen. Comme ce dernier, il montre une carapace faiblement ondulée et profondément érodée, chevauchée au Nord et au Nord-Ouest par les Schistes du Song Hiem, avec laminage intense des bancs ouralo-permiens au contact⁽¹⁾.

La direction des plis est nord-est — sud-ouest. Près de la bordure, le substratum dévonien est plissé en plis verticaux, comme dans le Quang Uyen, mais avec, toujours, la même direction nord-est — sud-ouest que les calcaires ouralo-permiens du Bac Son.

Ces plis dévoniens sont beaucoup moins serrés en s'éloignant de la bordure, dans la région de Van Linh par exemple.

L'ensemble des plis à large rayon de courbure de la carapace ouralienne du Bac Son s'enneige au Nord-Est, partie sous le Trias autochtone de Lang Son, partie sous les Schistes du Song Hiem.

Les synclinaux sont comblés par des schistes triasiques qui prolongent vers le Sud-Ouest ceux de la région de Diem He. Dans les anticlinaux, l'érosion met au jour le Dévonien.

Les plis du Bac Son dont nous venons de parler sont peu nombreux; nous pouvons reconnaître sur la bordure nord-est du Bac Son la terminaison de trois anticlinaux

(1) On trouve dans le Nord du Bac Son les mêmes roches ferrugineuses que dans l'Ouralien de la Zone autochtone de l'Est de Cao Bang. Cette roche est, ici comme ailleurs, cantonnée dans l'Ouralo-permien.

principaux à axes parallèles, de direction nord-est — sud-ouest (Voir schéma Fig. 18, p. 170) ; ces anticlinaux sont, du Nord au Sud :

1° — L'Anticlinal complexe de Pho Binh Gia dans lequel apparaît en fenêtre le Dévonien de Mo Nhai.

2° — Le petit anticlinal qui se prolonge le long de la Rivière de Mo Fia par les affleurements de Duc Hin et Diem He.

3° — L'Anticlinal du Nord-Ouest de Lang Nac au milieu duquel se montre la Fenêtre de Van Linh.

Ainsi le Bac Son émet au Nord-Est trois digitations qui s'engouffrent sous les schistes triasiques de la même façon que les plis dévoniens de l'Anticlinal de Tra Linh s'enfoncent, dans le Massif de l'Est de Cao Bang, sous l'Ouralo-permien décollé.

2. — LA COUVERTURE TRIASIQUE

Nous venons de décrire les calcaires ouralo-permiens de la région de Lang Son et nous avons vu que ces calcaires affleurent partout sous un complexe schisto-calcaire triasique ou sous des roches éruptives acides. Nous allons nous occuper ici de cette couverture.

En dehors du petit affleurement de Dong Dang, déjà étudié, et du Pays de Schistes de l'Est de Lang Son, dont nous n'avons que quelques mots à dire, ces terrains sont représentés, comme on peut le voir sur notre schéma Fig. 18, par une bande nord-est très élargie au Nord dans la Cuvette de Bi Nhi, et venant se terminer au Sud dans les synclinaux du Bac Son. Nous allons d'abord nous débarrasser du Pays de l'Est de Lang Son. Nous examinerons ensuite :

a. La Cuvette de Bi Nhi.

b. Le Trias de Diem He.

c. Les roches éruptives dans la couverture triasique.

Dominant à l'Est le Pays de Lang Son, le gros massif du Mau Son, à pendages périnclinaux, forme un dôme énorme de terrains triasiques. Sur la route de Lang Son à Loc Binh, à la sortie des alluvions de Lang Son, on entre, après avoir traversé le banc de mylonite signalé ci-dessus, (Voir note infrapaginale p. 173) dans un petit massif de rhyolithes qui supporte au Nord-Est une série importante de schistes, grès et poulingues formant un petit synclinal qui sépare le Dôme de Lang Son du Dôme du Mau Son. L'ensemble des schistes et grès du Mau Son semble donc bien être supérieur aux rhyolithes de la région de Lang Son.

a. — La Cuvette de Bi Nhi.

Nous avons peu de chose à en dire :

C'est une cuvette synclinale un peu allongée nord-ouest — sud-est de plus de 30 kilomètres de longueur. Elle est remplie de schistes avec rares bancs de calcaires

marneux discontinus. Nous avons vu dans la partie stratigraphique de cet ouvrage que cet ensemble est triasique.

A l'Ouest de la cuvette, les schistes triasiques un peu froissés s'appuient sur les calcaires ouraliens que nous venons de décrire.

Au Nord ils dominent largement, avec un pendage sud, des calcaires situés en Chine et qui prolongent l'Ouralien de Na Man. Au Sud ils recouvrent l'important massif de rhyolithes de Dong Dang, avec affleurements de débris de calcaires ouraliens au voisinage du contact.

Nous ne connaissons pas l'extension vers l'Est de ces terrains.

La Cuvette synclinale de Bi Nhi ne semble toutefois pas devoir dépasser les alignements calcaires traduits par la topographie dans la vallée du Song Bang Giang et suivant la route de Dong Dang à Loung Tcheou, calcaires qui paraissent se rattacher aux massifs ouraliens de la Zone des Ba Chau.

Au Nord-Est, j'ai vu les schistes de la Cuvette de Bi Nhi se relever contre le massif de rhyolithes de la « Grande Montagne » qui sert de frontière.

A Bi Nhi même, près de la frontière, les pendages sont à peu près ouest, et les terrains sont notablement moins froissés que vers l'Est.

Ainsi, sur tout le pourtour de la Cuvette de Bi Nhi, on a des pendages convergeant vers le centre.

Un tout petit massif de rhyolithes, visible dans un fond de ruisseau, jette un peu de trouble sur les pendages aux environs de l'ancien poste de Nha Khe.

b. — *Le Trias de Diem He.*

C'est une bande, s'étendant depuis Na Cham jusqu'au Sud de Diem He, de terrains triasiques souvent fossilifères, avec lentilles et bancs calcaires plus ou moins importants et discontinus. Elle s'appuie à l'Est sur l'énorme massif de rhyolithes sous lequel apparaissent les éléments que nous venons d'étudier.

La direction d'ensemble est nord-nord-est — sud-sud-ouest et les pendages toujours faibles sont ouest-nord-ouest, avec de très légères ondulations.

La direction des couches tourne faiblement, au Nord de la bordure, pour permettre aux schistes de s'appuyer sur les calcaires ouraliens de Na Cham et de Ban Vach.

Deux massifs de rhyolithes formant quelques hauts sommets sur les bords du Song Ky Kong et laissant entre eux un petit synclinal, semblent soulever périphériquement les bancs triasiques. Il ne m'a pas été possible de me rendre compte s'il s'agit d'un plissement en dômes ou d'un vrai soulèvement des couches dû à l'injection d'un laccolithe. Ce sont le Khau Song et le massif de Nhac Ky, qui arrive jusqu'à Diem He.

Au Sud de Diem He le pays se complique par la réapparition des calcaires ouraliens du Bac Son, à plis nord-est — sud-ouest. A Diem He, on peut voir, avec la plus grande netteté, des bancs calcaires du Trias moyen brisés, dont les débris sont noyés dans les rhyolithes.

L'ensemble des terrains de la vallée du Song Ky Kong, entre Na Cham et Diem He, s'enfonce vers l'Ouest sous les Schistes du Song Hiem.

c. — *Les roches éruptives de la couverture triasique.*

Comme on peut le voir sur le schéma figure 18, p. 170, les roches éruptives occupent, dans la Région de Lang Son, une surface considérable.

Ces roches sont presque toutes des rhyolithes typiques à grands cristaux de quartz corrodés et grands feldspaths altérés, noyés dans une pâte tantôt pétrosiliceuse, tantôt

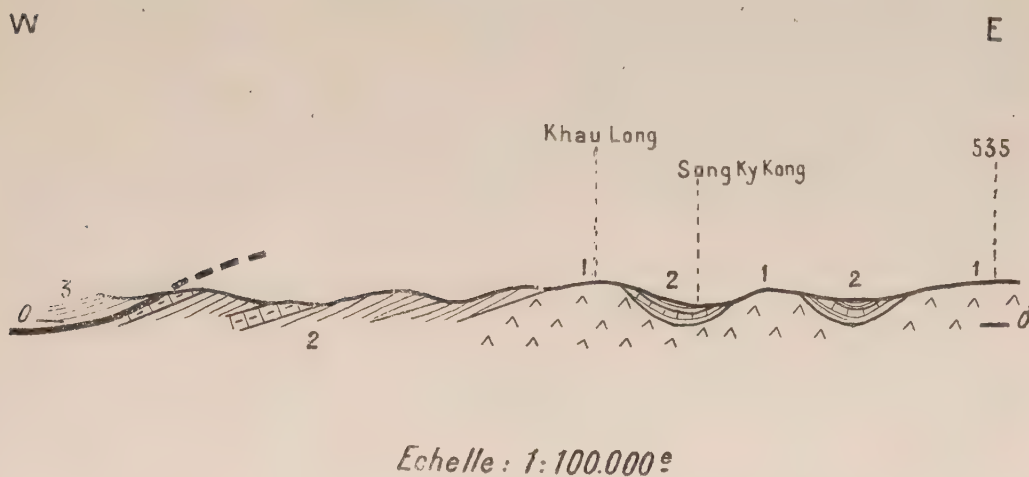


FIG. 21. — *Coupe de la vallée du Song Ky Kong au Sud de Na Cham.*

LÉGENDE : — 1. Rhyolithes. — 2. Complexe schisto-calcaire du Trias moyen. — 3. Schistes du Song Hiem.

à quartz globulaire. Nous étudierons ces rhyolithes avec plus de détails dans la 5^e partie de cet ouvrage. Des types à traînées fluidales sont rares ; certains échantillons de la région de Diem He et du petit Synclinal de Dong Dang semblent être des tufs rhyolithiques. Enfin, M. GIRAUD indique [19] aux environs de Lang Nac des brèches à ciment de rhyolithe situées au contact de l'Ouralien.

Nous avons déjà signalé dans la Région de Lang Son des mylonites contenant des débris de rhyolithes.

Comment ces rhyolithes s'emplacent-elles dans la couverture triasique ?

MM. LANTENOIS [26, p. 43] et GIRAUD [19, p. 37] s'accordent à admettre pour les rhyolithes une venue exclusive en laccolithes, venue qui serait postérieure au Trias ; (elle est antérieure au Tertiaire lacustre de That Khe dans lequel on trouve des galets de rhyolithes). Cette venue serait également postérieure aux mouvements de dislocation de la région.

M. JACOB [20, p. 176] présente sur la venue des rhyolithes deux hypothèses, toutes deux appuyées de solides arguments :

Dans l'une, les rhyolithes accompagneraient le Trias ; dans l'autre elles seraient montées suivant les plans de charriage à l'occasion de ces charriages, à peu près en même temps que les « porphyrites de la Série intermédiaire », cette Série étant représentée ici par nos Schistes du Song Hiem et par le Trias.

Nous allons discuter tout de suite ici la position et l'âge des rhyolithes, laissant de côté l'étude des porphyrites que nous verrons avec les Schistes du Song Hiem.

Nous avons pu faire, quant aux rhyolithes, les observations suivantes :

1° Des bancs calcaires du Trias moyen ont été brisés par les rhyolithes et noyés dans leur masse (environs de Diem He).

2° Il en est de même en certains points (Blockhaus de Pac Lung, sur la route de Dong Dang à Na Cham) des calcaires ouraliens. Ces calcaires ouraliens ont pris une physionomie un peu spéciale et sont devenus finement granuleux. Les organismes qu'ils contiennent demeurent reconnaissables.

3° Il semble qu'il y ait dans le Trias moyen (notamment aux environs de Dong Dang et de Diem He) des lits de rhyolithes interstratifiées avec tufs.

4° Des masses considérables de terrains en place, débutant à la base par du Trias moyen fossilifère (Cuvette de Bi Nhi et Mau Son), surmontent les masses de rhyolithes.

5° Les rhyolithes portent en divers points dans le Trias de Lang Son la trace de décollements et de laminages.

6° La Série charriée des Schistes du Song Hiem contient vers la base des épaisseurs considérables de rhyolithes, ainsi que nous l'avons déjà dit en étudiant le contact de ces Schistes avec le Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang, et comme nous aurons occasion de le voir un peu plus loin en étudiant le contact des mêmes Schistes avec les terrains de la Région de Lang Son.

7° Nous rappelons (Voir notre partie stratigraphique) que ces Schistes du Song Hiem renferment un poudingue assez écrasé à galets de rhyolithes.

8° Par opposition avec les porphyrites, qui, venues comme nous le verrons, dans le plan de charriage, injectent également le substratum et les nappes supérieures, les rhyolithes sont *exclusivement* cantonnées dans le Trias et dans les Schistes du Song Hiem (Série intermédiaire).

Nous pouvons conclure de ces faits au point de vue de l'âge, que dans les régions qui nous occupent du moins, la deuxième hypothèse de M. JACOB, venue concomitante des charriages, ne saurait être retenue.

Les rhyolithes, affectées par les mouvements de charriage, sont antérieures à ces mouvements. Elles sont antérieures au dépôt d'une grande partie des Schistes du Song Hiem, la base seule de ces Schistes contenant des rhyolithes (identiques à celles du Trias de Lang Son); la présence d'un poudingue à galets de rhyolithes à un niveau encore peu élevé de ces Schistes, poudingue charrié avec la masse des Schistes du Song Hiem, en est une preuve formelle.

Enfin, nous pouvons affirmer, d'après les observations données un peu plus haut (calcaires du Trias moyen brisés par les rhyolithes et noyés dans leur masse) que la venue rhyolithique est contemporaine du Trias moyen, ou postérieure à ce Trias.

Ainsi la mise en place des rhyolithes est fixée entre une limite antérieure précise, le Trias moyen, et une limite postérieure un peu vague, l'époque du dépôt de la partie supérieure des Schistes du Song Hiem, Schistes qui ne sont pas datés d'une façon suffisamment sûre.

La présence de bancs interstratifiés dans le Trias moyen, avec tufs, pourrait être un argument en faveur d'un âge triasique. Mais il convient encore ici d'être très prudent à cause des décollements et laminages fréquents dans les schistes et les rhyolithes de la Région de Lang Son.

Toutefois, si l'on tient compte de l'ensemble des faits, âge probable des Schistes du Song Hiem (Voir stratigraphie), absence complète de rhyolithes dans les terrains datés autres que le Trias, il est possible d'admettre que les rhyolithes du Nord-Est du Tonkin appartiennent certainement au Secondaire, et sont probablement triasiques.

Nous allons chercher maintenant à établir la position des rhyolithes. MM. LANTENOIS et GIRAUD ont parlé pour elles, comme nous l'avons dit plus haut, de laccolithes.

Il est certain qu'au moment de leur montée, les rhyolithes ont été injectées dans les terrains encaissants : la preuve en est dans la dislocation des bancs ouraliens que nous avons signalée plus haut (à Pac Lung, sur la route de Dong Dang à Na Cham). En de nombreux points de la région, les rhyolithes se sont infiltrées entre les calcaires ouraliens, et les schistes triasiques.

Il semble aussi que ces rhyolithes aient formé dans le Trias de Lang Son de véritables laccolithes en soulevant périphériquement les couches. C'est peut-être à une mise en place de ce genre qu'on peut attribuer la formation des petits dômes du Khau Long et de Nhac Ky, visibles sur la coupe de la Fig. 21, p. 177.

Il est possible aussi que le grand massif de rhyolithes de l'Ouest de Lang Son, qui s'appuie à l'Est sur des schistes à *Danubites* et *Ceratites* et supporte lui-même à l'Ouest, près de Diem He, le Trias à *Myophories*, ne soit qu'un grand laccolithe (Voir coupe de la Fig. 22, p. 180).

Cependant la plus grande réserve s'impose à cause des mouvements avec étirements dont la région a été l'objet. La coupe de la Fig. 22 nous montre les rhyolithes, qui reposent à l'Est sur du Trias, s'appuyant directement à Tong Chuong sur les calcaires ouraliens. De plus, aux environs de Na Ban en particulier, ces rhyolithes sont écrasées et montrent même des bancs complètement laminés, presque schistoïdes.

Avons-nous des preuves formelles de la venue au jour des rhyolithes ?

Nous verrons dans notre partie pétrographique que les types entièrement vitreux ne sont pas représentés ; mais peut-être ne faut-il voir dans ce fait qu'une modification de la roche postérieure à sa mise en place ; il semble que le fond en apparence pétrosiliceux de certaines rhyolithes puisse être un verre dévitrifié.

Ainsi l'existence de roches acides d'épanchement reste douteuse. La présence de roches à aspect détritique appartenant au cortège des rhyolithes, roches qu'il serait permis de rapporter à des tufs, n'est pas, vu l'état d'altération de ces roches, un argument suffisant, et indique tout au plus une probabilité.

Aussi devons-nous être très réservé dans nos conclusions.

Les rhyolithes se sont probablement épanchées au-dehors pendant le Trias moyen (1) ; elles ont certainement injecté les terrains qu'elles ont traversé et se sont

(1) M. DEPRAT attribue aux rhyolithes, qu'il ne sépare pas des roches vertes, un âge anté-ouralien.

Je discuterai les idées de M. DEPRAT en étudiant les Schistes du Song Hiem dans les vallées du Song Nhiem et du Song Niao, région dans laquelle M. DEPRAT a établi son hypothèse.



Echelle 1:100.000 environ

Fig. 22. — Coupe du Trias moyen et des massifs de rhyolithes à l'Ouest de Lang Son.

LÉGENDE : 1. Calcaires ouraliens. — 2. Schistes sans fossiles appartenant peut-être aux Schistes du Song Hiem. — 3. Schistes à *Posidonomies* et *Ammonites* (*Ceratites*, *Danubites*). — 4. Schistes à *Myophoria inaequicostata* Kupst. — 5. Bancs de calcaire noir du Trias moyen. — 6. Rhyolithes avec plans de laminage en divers points.

notamment introduites entre les calcaires ouraliens et le Trias. L'attribution à des laccolithes de quelques uns des massifs de rhyolithes de la Région de Lang Son, quoique probable, n'est pas prouvée (1).

3. — LES CONTACTS DES SCHISTES DU SONG HIEM AVEC LA RÉGION AUTOCHTONE DE LANG SON ET DU BAC SON

La masse des Schistes du Song Hiem avec rhyolithes et porphyrites que nous avons vu chevaucher la terminaison méridionale de la Zone primaire autochtone de l'Est de Cao Bang se poursuit vers le Sud-Est où elle s'appuie, d'abord sur les Schistes de Bi Nhi dans la boucle du Song Ky Kong, puis sur le Trias moyen de Diem He, et enfin sur le Bac Son.

Entre le Sud du Massif de Cao Bang et la boucle du Song Ky Kong les environs de That Khe montrent des contacts intéressants.

Il nous sera commode de présenter l'étude des contacts de la façon suivante :

a. Etude d'une coupe sud-ouest — nord-est passant par le village de Ban Nam, dans la boucle du Song Ky Kong.

b. Les environs de That Khe au Nord de cette coupe.

c. Les contacts. au Sud de la même coupe, des Schistes du Song Hiem avec le Trias de Diem He et le Bac Son.

(1) Nous verrons un peu plus loin les massifs de rhyolithes charriés de l'Ouest de That Khe primitivement attribués, sans plus de preuves, à des laccolithes.

a. — Etude d'une coupe sud-ouest — nord-est passant par le village de Ban Nam.

La coupe de la Fig. 23 ci-contre nous montre les éléments autochtones chevauchés par un complexe appartenant aux Schistes du Song Hiem.

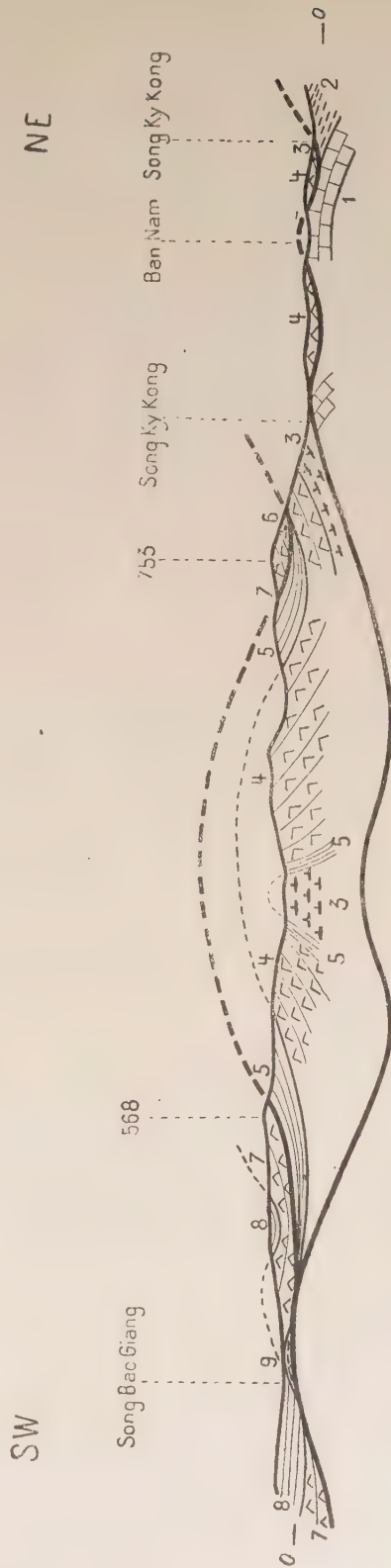
L'ensemble admet des plis à grand rayon de courbure formant trois anticlinaux.

C'est dans celui de ces anticlinaux situé le plus vers l'Est, dans la boucle même du Song Ky Kong, qu'apparaît la Zone primaire autochtone.

L'érosion poussée du fleuve permet de voir aux environs de Ban Nam, sous les roches éruptives, l'affleurement de calcaires ouraliens très abimés que nous avons décrit. Un autre affleurement existe plus à l'Ouest sur le bord même du Song Ky Kong. Les calcaires supportent des rhyolithes laminées, avec parfois à la base, une mince lame de la roche verte habituelle.

Roches vertes et rhyolithes, qui occupent presque toute la boucle du Song Ky Kong, s'appuient à l'Est sur les schistes de la Cuvette de Bi Nhi.

A l'Ouest du Song Ky Kong, dans le domaine des Schistes du Song Hiem, les rhyolithes forment un



Echelle 1:200000^e

FIG. 23. — Coupe du massif rhyolithique au Sud-Ouest de That Khe.

LÉGENDE : A. Zone autochtone. — 1. Calcaires ouraliens broyés. — 2. Schistes secondaires de Bi Nhi.

B. Première lame. — 3. Roches microlithiques. — 4. Rhyolithes généralement très écrasées. — 5. Schistes sans fossiles du Song Bac Giang. Deuxième lame. — 6. Roche microlithique écrasée. — 7. Rhyolithes laminées. — 8. Schistes du Song Hiem. — 9. Petits lambeaux de poussée (cipollins et calcaires arrachés au substratum).

massif montagneux très important, déjà profondément attaqué par l'érosion (Photographie A, Pl. VII), et composé de deux parties, bien visibles sur notre carte ; ces deux parties sont séparées par une bande de schistes plongeant ouest-sud-ouest.

L'ensemble du massif comprend deux écailles superposées.

L'écaille inférieure ou écaille du Nui Sam Sao forme la presque totalité de la partie du massif située à l'Est de la bande des Schistes. C'est elle qui occupe à l'Est la boucle du Song Ky Kong. Entre ce fleuve et la bande des schistes, le plissement à grand rayon de courbure dont nous avons parlé ci-dessus y a produit : à l'Ouest, un anticlinal qui montre dans une fenêtre d'érosion un paquet peu étendu de schistes et de roche verte microlithique ; et à l'Est, un synclinal dans lequel est conservé un petit paquet de l'écaille supérieure, paquet jalonné sur sa limite ouest par une bande discontinue de schistes. La limite est de ce paquet de l'écaille supérieure est marquée, sur l'ancienne route de That Khe à Van Mit, par une mince bande de roche verte microlithique, bande discontinue ; en divers points, les rhyolithes du paquet supérieur s'appuient directement sur celles de l'écaille inférieure, rendant impossible une délimitation précise.

En dehors du petit paquet ci-dessus, l'écaille supérieure à laquelle nous avons donné le nom d'écaille de Van Mit, occupe la partie du massif de rhyolithes située à l'Ouest de la bande des Schistes, et repose, par l'intermédiaire de cette bande, sur l'écaille du Nui Sam Sao.

A l'Ouest, ces rhyolithes supportent les Schistes de l'ensemble du Song Hiem dont elles représentent la base. Elles s'étirent entre les Schistes proprement dits et le substratum, qui se montre grâce à l'érosion suivant une étroite bande presque nord-sud. On peut voir sur cette bande quelques calcaires écrasés dont il est impossible de fixer l'âge, et des lambeaux de poussée dont l'un des plus curieux, situé un peu au Nord-Ouest de Van Mit, est constitué par un beau cipolin à grenats.

Si nous résumons notre coupe, elle nous montre :

1° — Un substratum autochtone représenté à l'Est par des calcaires ouraliens et les schistes de Bi Nhi, et à l'Ouest par des calcaires non datés.

2° — Les Schistes du Song Hiem qui comprennent :

α. Une écaille inférieure, l'écaille du Nui Sam Sao, surtout constituée par des roches éruptives acides, et qui chevauche à l'Est les schistes de la Cuvette de Bi Nhi.

β. Une écaille supérieure, l'écaille de Van Mit, correspondant à la majeure partie de la masse des Schistes du Song Hiem avec, à la base seulement, une lame de rhyolithes dont quelques lambeaux discontinus subsistent sur la lame inférieure.

Au voisinage de la coupe, le contact entre les Schistes du Song Hiem et les schistes de Bi Nhi est un contact anormal marqué par des porphyrites.

b. — *Les environs de That Khe.*

Les diverses coupes de la zone de contact entre les Schistes du Song Hiem et leur substratum autochtone que l'on peut relever aux environs de That Khe, seraient particulièrement instructives si le Bassin tertiaire de That Khe ne masquait malencontreusement une partie de ces contacts.

Nous avons à considérer ici les relations mutuelles des trois éléments suivants :

I. — Le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang représenté par sa terminaison sud, c'est à dire par le Massif de Dong Khe.

II. — Les schistes et rhyolithes de la cuvette de Bi Nhi.

III. — Les Schistes du Song Hiem avec le cortège des rhyolithes et porphyrites.

La terminaison périclinale du Dôme de Dong Khe et sa couverture ouralienne passent au Sud par contact anormal sous un ensemble comprenant des roches vertes mylonitiques à la base et des rhyolithes plus ou moins laminées au-dessus ; à l'Ouest, ces roches éruptives supportent les Schistes charriés du Song Hiem dont elles font partie. Mais à l'Est les roches vertes semblent se coincer vers le Nord sous la masse rhyolithique du Khao Moue ; ce dernier supporte lui-même à l'Est les schistes triasiques, non fossilifères en ce point, de la cuvette de Bi Nhi ; les schistes ne sont nullement froissés au contact des rhyolithes et pendent régulièrement vers le Sud-Est. Il semble qu'au Nord-Est du Khao Moue les schistes triasiques, situés à une altitude assez considérable, reposent sur des calcaires qu'ils dominent, calcaires qui continuent vers l'Est les massifs ouraliens du Pays de Dong Khe. Malheureusement ces contacts sont situés en dehors de la frontière et je n'ai pu les visiter.

Il semble toutefois que la partie nord du Khao Moue nous montre un ensemble de schistes et de rhyolithes reposant sur l'Ouralien de la même façon qu'aux environs de Lang Son.

Les rhyolithes du Khao Moue sont *sous* les Schistes de Bi Nhi et *sur* l'Ouralien de la terminaison du Pays de Dong Khe.

Or, nous avons vu un peu plus haut, en étudiant notre coupe des massifs rhyolithiques de l'Ouest de That Khe, les rhyolithes de ce massif passer à l'Est par contact anormal, avec interposition d'une mince lame de roches vertes, *sur* les schistes de Bi Nhi.

Nous avons donc aux environs de That Khe deux massifs de rhyolithes (rhyolithes identiques au point de vue pétrographique) qui occupent deux positions différentes. Les rhyolithes du Khao Moue occupant la même position que celles de Lang Son, c'est à dire faisant partie de la couverture triasique, et celles des massifs de l'Ouest de That Khe appartenant aux schistes charriés du Song Hiem.

S'il était possible de démontrer qu'il y a, en un certain point, continuité entre ces deux massifs de rhyolithes, le problème de l'origine des Schistes du Song Hiem serait résolu et il faudrait considérer ces Schistes comme une immense couverture triasique traînée sur son substratum de la même façon que l'Ouralien est traîné sur le Dévonien dans le Massif de l'Est de Cao Bang ; le Trias de Bi Nhi et de Lang Son ne serait qu'une écaille inférieure de cette couverture, encore attenante à l'ensemble par les environs de That Khe.

Malheureusement, si cette continuité entre les rhyolithes du Trias de Bi Nhi et de Lang Son et celles des Schistes du Song Hiem semble bien probable, elle ne peut être prouvée d'une façon suffisamment rigoureuse.

Le prolongement des rhyolithes du Khao Moue qui entoure la fin périclinale du Pays de Dong Khe semble bien appartenir à la longue bande éruptive que nous avons

signalée en bordure du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, bande qui appartient aux Schistes du Song Hiem. Mais la complexité de la base des Schistes du Song Hiem à leur contact avec la Région autochtone, base parfois formée d'écaillés multiples plus ou moins étirées, ne permet pas d'affirmer qu'il y a continuité entre les roches éruptives de cette bande et celles du Khao Moue, malgré le décollement visible de ces dernières sur l'Ouralien autochtone avec interposition de roches vertes.

Au Nord-Ouest de That Khe, le prolongement des rhyolithes du Khao Moue est séparé des massifs de rhyolithes de l'Ouest de That Khe par une mince bande de porphyrites, inférieure aux rhyolithes de l'Ouest de That Khe, mais dont les relations avec les autres éléments ne sont pas visibles. Le Bassin tertiaire de That Khe masque complètement le contact de ces porphyrites avec les schistes triasiques de la Cuvette de Bi Nhi et les rhyolithes sur laquelle reposent ces schistes.

Aussi, étant donné l'importance de la question, est-il prudent de ne pas conclure, d'après la coupe des environs de That Khe, au passage des Schistes du Song Hiem au Trias de Bi Nhi et de Lang Son.

Nous allons quitter les environs de That Khe et revenir vers le Sud, à partir de notre coupe des massifs rhyolithique de l'Ouest de That Khe.

c. — *Les contacts des Schistes du Song Hiem avec le Trias de Diem He et le Bac Son.*

Au Sud de notre coupe le contact suit le Song Ky Kong pendant un certain nombre de kilomètres ; il est jalonné par une bande de roche verte microlithique qui disparaît au moment où le contact quitte la vallée du Song Ky Kong pour se diriger vers le Sud. Là, les Schistes du Song Hiem sans roches éruptives, faisant partie de l'écaille du Nui Sam Sao décrite ci-dessus dans notre coupe, s'appuient sans discordance angulaire sur la zone du Trias de Diem He.

Il n'y a pas de brèches. Quelques lames discontinues de calcaires blancs un peu écrasés, paraissant différents des calcaires triasiques et ressemblant à l'Ouralien, séparent les deux formations ; en l'absence de toute trace fossilifère, il m'est toutefois impossible de dire si ces calcaires sont des lambeaux de poussée de calcaires ouraliens ou des bancs du Trias calcaire.

Plus au Sud, les Schistes du Song Hiem sont nettement discordants sur le Trias moyen visible sous eux le long de route de Diem He à Pho Binh Gia, grâce à l'érosion de la rivière de Mo Pia, et dans les nombreux ravins voisins de la bordure.

Dans cette région, comme nous l'avons vu, les calcaires ouraliens se montrent en anticlinal sous le Trias et vont se réunir à la digitation médiane des calcaires du Bac Son. Entre cette digitation et celle qui forme la pointe nord du Bac Son, un synclinal fermé vers le Sud est rempli par les schistes triasiques souvent fossilifères, qui supportent toujours l'écaille inférieure (écaille du Nui Sam Sao) des Schistes du Song Hiem. La ligne de contact anormal traverse le synclinal ; elle est marquée par des « grès bleus » laminés qui ne sont peut-être autre que des rhyolithes très écrasées ; l'écaille inférieure des Schistes vient ainsi s'appuyer sur le Bac Son, tout de suite étirée au Nord-Ouest entre les calcaires du Bac Son et les rhyolithes de l'écaille supérieure (écaille de Van Mit). Ces dernières s'appuient directement sur le Bac Son jusqu'à Pho-Binh Gia.

A la pointe extrême nord du Bac Son, l'énorme masse des Schistes du Song Hiem vient reposer à son tour sur les calcaires, avec interposition d'une brèche siliceuse tout à fait identique à celle que nous avons rencontrée sur la bordure de la Zone autochtone de l'Est de Cao Bang.

Sur la limite ouest du Bac Son, ces schistes chevauchent encore les calcaires ouraliens, parfois brisés et laminés au point de former des roches ressemblant à un poudingue calcaire étiré, dans lequel les éléments et le ciment auraient la même composition.

4. — COUP D'OEIL D'ENSEMBLE SUR LA JONCTION DES MASSIFS AUTOCHTONES EXTERNES ET SUR LE TRIAS DE BI NHI ET DE LANG SON

Un résumé des développements précédents sur la Région de Lang Son nous permet de mettre en relief les points suivants :

I. — Il existe entre le Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang et le Bac Son une série d'affleurements de calcaires ouraliens qui établissent la continuité en profondeur entre ces deux massifs.

La partie nord-est du Bac Son et le Massif primaire de l'Est de Cao Bang montrent, avec une direction très différente, des régions tectoniques identiques ; ils s'emplacent tous les deux sur le plus externe des grands arcs que nous avons considérés. L'un et l'autre montrent une couverture ouralienne admettant des plis à large rayon de courbure, décollée sur un substratum dévonien d'autant plus plissé que l'on s'approche davantage de l'intérieur de l'arc. L'ensemble du Bac Son s'enfonce vers le Nord-Est en plusieurs digitations, tant sous le Trias de Lang Son que sous les Schistes du Song Hiem.

Les affleurements ouraliens de la Région de Lang Son prolongent la digitation médiane et celle de l'Est, et dessinent dans l'ensemble deux arcs secondaires grossièrement concentriques prenant place, avec les plis principaux du Bac Son et du Massif de l'Est de Cao Bang, dans l'ensemble des arcs qui caractérisent la structure du Nord-Est du Tonkin. L'Ouralien renferme dans le Bac Son la même roche ferrugineuse que dans le Massif de l'Est de Cao Bang.

II. — Sur les calcaires ouraliens repose en discordance une double série composée des deux termes tectoniques suivants :

a. A la base, le Trias de Lang Son et de Bi Nhi, avec rhyolithes.

b. Au-dessus, les Schistes du Song Hiem avec rhyolithes et porphyrites.

Le Trias de Lang Son est décollé sur l'Ouralien comme le montrent de nombreux accidents, dont les principaux, alignés nord-ouest — sud-est sont, du Nord au Sud ;

α. Les traces du glissement démontré par l'existence, à la base des Schistes de la Cuvette de Bi Nhi, de blocs de calcaires ouraliens arrachés au substratum, au Nord de Ban Vach.

β. L'écrasement des rhyolithes aux environs de Na Cham.

γ. L'allure du petit synclinal de Trias de Dong Dang, dont les couches, très disloquées, s'appuient sur l'Ouralien du Dôme de Dong Dang par l'intermédiaire d'une brèche complexe d'origine tectonique.

δ. Les mylonites contenant calcaires, schistes, roche éruptive et même roche ferrugineuse, que l'on trouve presque tout le long de la route de Lang Son à Dong Dang.

ε. La brèche tectonique de l'Est de Lang Son, sur la route de Lang Son à Loc Binh.

Le contact du Trias de Lang Son et des affleurements ouralo-permiens est donc bien, dans la Région de Lang Son, un contact anormal, et il n'est pas permis de parler ici d'une transgression du Trias.

III. — Les Schistes du Song Hiem viennent s'appuyer successivement, du Nord au Sud, sur la terminaison du Massif de l'Est de Cao Bang, sur la couverture triasique de Bi Nhi et de Diem He et sur la pointe nord du Bac Son.

Le contact des Schistes du Song Hiem avec leur substratum est un contact anormal qui est prouvé :

α. Par la présence fréquente à la base de porphyrites laminées.

β. Par des discordances angulaires importantes.

γ. Par des laminages fréquents des roches au contact et formation de brèches tectoniques diverses.

δ. Par le déversement vers l'Est, sur le Trias, du Dôme ouralien de Dong Dang.

ε. Par des laminages et des suppressions de séries dans les terrains de la couverture triasique sous-jacente.

A l'Ouest de Na Cham le contact anormal n'est plus visible, et les Schistes du Song Hiem reposent avec les mêmes pendages sur le Trias dont ils ne sont séparés que par des calcaires laminés comme on peut en trouver dans l'intérieur même du Trias.

IV. — Entre le Bac Son et le Trias de Bi Nhi et de Diem He, les Schistes du Song Hiem présentent deux écaillés superposées :

L'écaille inférieure, ou écaille du Nui Sam Sao s'appuie sur la couverture triasique suivant toute la courbe que dessine la ligne de contact, puis sur la digitation nord du Bac Son, par étirement de la couverture triasique.

L'écaille supérieure, ou écaille de Van Mit s'appuie sur l'écaille inférieure, puis sur le Bac Son, après un étirement de l'écaille inférieure tout à fait analogue à celui de la couverture triasique entre cette écaille inférieure et le Bac Son.

V. — Des rhyolithes pétrographiquement identiques se rencontrent, tant dans la couverture triasique que dans les deux écaillés des Schistes du Song Hiem. Ces rhyolithes sûrement secondaires, probablement triasiques, en tous cas antérieures aux phénomènes de charriage, ont injecté le Trias et se sont souvent glissées entre l'Ouralien et le Trias ;

il semble qu'elles se soient épanchées en surface au Trias moyen. Des laccolithes dans les couches même du Trias sont probables, mais non certains.

Aux environs de That Khe des rhyolithes situées, les unes sous le Trias de Bi Nhi, les autres à la base des Schistes du Song Hiem sont peut-être en continuité.

VI. — Malheureusement les contacts des environs de That Khe, masqués par le Bassin tertiaire, ne permettent pas d'être affirmatif sur cette continuité. Il faut donc renoncer, semble-t-il, à chercher dans les Régions de That Khe et de Lang Son la preuve du passage des Schistes du Song Hiem au Trias fossilifère de Bi Nhi et de Lang Son.

CHAPITRE III

LES FENÊTRES

GÉNÉRALITÉS

Nous avons énuméré dans notre « Introduction tectonique » les divers affleurements des terrains autochtones paraissant en Fenêtres sous la masse des Schistes du Song Hiem.

Le Lung Xung, dont quelques dépendances sont au contact même du Massif du Binh Lang, sera étudié avec celui-ci.

De même, le Dévonien supérieur de la Fenêtre de Phieng Dia a été considéré en même temps que les contacts des Schistes du Song Hiem et de la Région primaire autochtone de l'Est de Cao Bang.

Il nous reste à étudier l'Arc du Coc Xo et la Fenêtre de Yen Lac, présentés sur le Schéma Fig. 24, p. 190.

L'Arc du Coc Xo est un grand ridement à axe courbe qui paraît en anticlinal sous les Schistes du Song Hiem. Il débute au Nord par quelques affleurements visibles à la faveur de l'érosion très poussée du Song Niao.

Au Sud-Est de la vallée du Song Niao l'axe de l'anticlinal, encore de direction nord-ouest — sud-est, présente une surélévation rapide et tourne peu à peu vers le Sud et le Sud-Ouest. Il est jalonné par les hauts sommets du Massif du Nui Tong Tinh, du Phan Ngame, du Kim Hi, du Coc Xo et de Cho Moi. Il s'enfonce au Sud-Ouest sous les schistes de la région de Cho Moi (d'après la carte de M. ZEIL).

Cet Arc est divisé par deux abaissments de son axe en trois parties. L'un des deux abaissments d'axe, situé au milieu de la partie nord-sud sépare presque complètement au Sud la branche sud-ouest que nous appellerons Anticlinal du Coc Xo et de Cho Moi, et qui supporte au Nord le Lambeau de recouvrement du Kim Hi.

La branche de direction nord-ouest — sud-est est divisée par le deuxième abaissment d'axe en deux « dômes », le Dôme du Nui Tong Tinh au Nord et le Dôme de Ngan Son au Sud.

A l'Est de l'arc du Coc Xo, se trouve une fenêtre dont il est séparé par un petit synclinal partiellement rempli par les Schistes du Song Hiem. C'est la Fenêtre de Yen Lac ; elle commence au Nord de cette localité et se poursuit au Sud-Ouest vers Na Ri.

Il nous sera commode pour notre description de commencer par le Dôme de Ngan Son, qui est le plus simple. Nous étudierons ensuite le Dôme du Nui Tong Tinh qui nous amène à parler du culot, du *batholithe*, jusqu'ici considéré comme assez énigmatique, et qui correspond au Massif granulitique du Pia Oac.

Nous continuerons par l'Anticlinal du Coc Xo, la Fenêtre de Yen Lac, et, à la suite, le lambeau du Kim Hi appartenant aux Nappes supérieures, mais que la nature de ses contacts avec les éléments précédents nous oblige à étudier tout de suite après ces éléments. Nous terminerons enfin par les quelques considérations que nous a suggérées l'étude des Fenêtres.

Les affleurements peu importants de la vallée du Song Niao seront examinés en même temps que les Nappes sous lesquelles ils se rencontrent.

1. — LE DÔME DE NGAN SON

Le « Dôme de Ngan Son » (Fig. 25, p. 192) se présente grossièrement sous la forme d'un triangle isocèle à pointe tournée vers le Sud ; par son sommet nord-ouest, il entre en relation avec le Dôme du Nui Tong Tinh et par sa pointe sud avec l'Anticlinal du Coc Xo.

La série stratigraphique comprend de haut en bas (ZEIL 50 et 54) :

Dévonien moyen.

Roches cristallophylliennes.

Granite.

Il y a passage d'un terme à l'autre et l'on voit le métamorphisme diminuer en s'éloignant du noyau granitique. Autour du granite du Phan Ngame on trouve des gneiss qui passent à des micaschistes, puis à des schistes très riches en quartz et un peu micacés, non entièrement cristallins, enfin à des schistes très sériciteux appartenant à l'Eifélien. Les calcaires, qui existent en lames discontinues à divers niveaux dans les schistes, sont tous marmorisés, et les plus voisins du granite sont chargés en mica vert.

Je rappelle que, près de Ngan Son, les schistes ont fourni *Combophyllum Brancai* FRECH, et les calcaires, des Calcéoles, ce qui permet d'attribuer ces terrains à l'Eifélien.

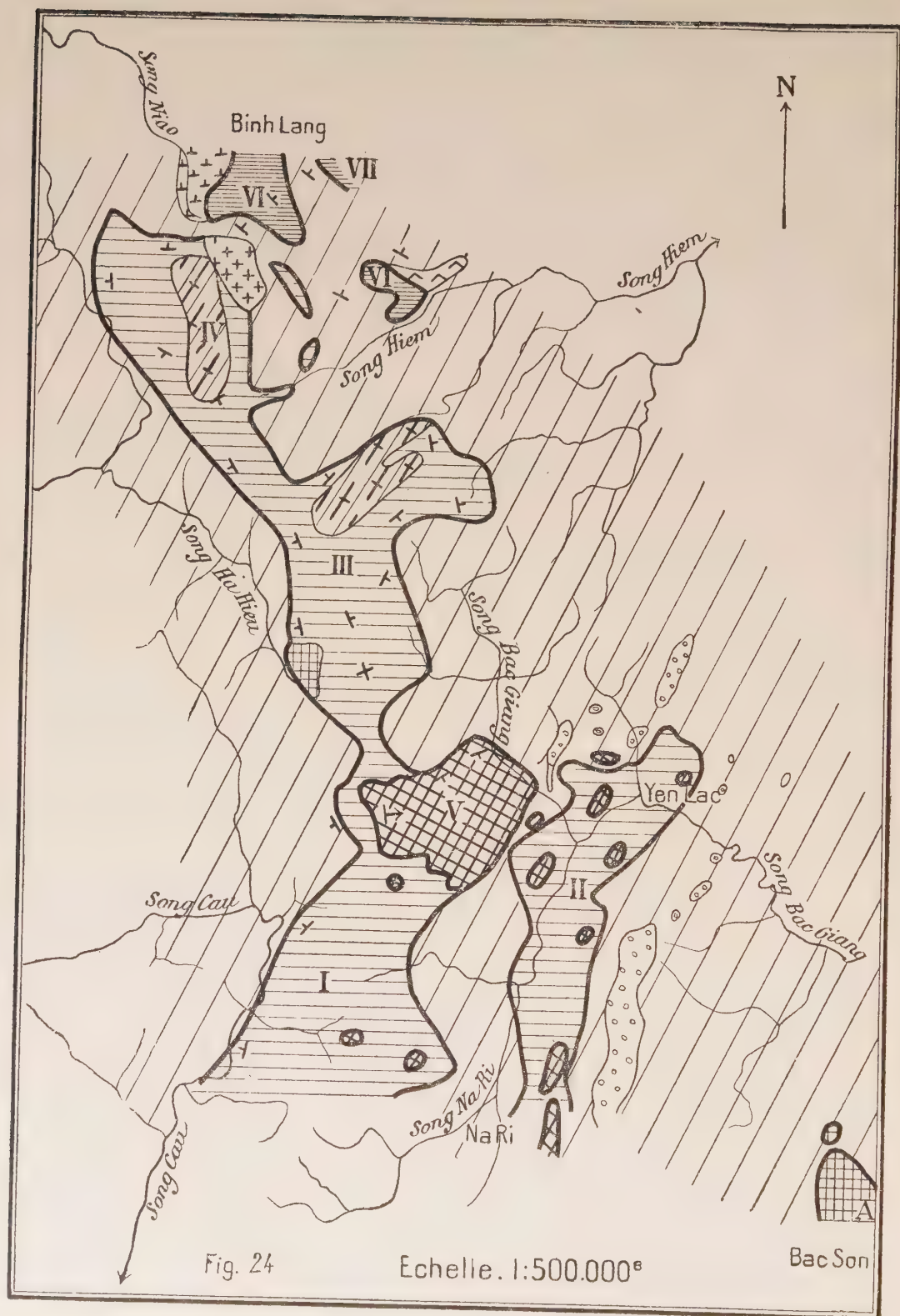
Les gneiss qui forment auréole autour du Phan Ngame, reparaissent dans des bas fonds en deux ou trois points indiqués sur la carte et sur le schéma de la Fig. 25.

Ces affleurements montrent que tout le substratum du Dôme de Ngan Son est formé de ces roches cristallophylliennes et que les granites se trouvent à une faible profondeur.

Dans les extrémités nord-ouest et sud du Dôme le métamorphisme est moins sensible. Les calcaires sont encore assez marmorisés, mais les schistes sont presque normaux et ne présentent plus que de minces lits de séricite dûs plutôt à une action dynamique qu'à l'action métamorphisante du granite.

La structure d'ensemble du Dôme de Ngan Son est très simple. C'est un Anticlinal court dont l'axe est dirigé nord-nord-ouest — sud-sud-est. Cet axe est courbe et sa convexité est tournée vers l'Est. Le Dôme de Ngan Son est un peu dissymétrique, les pendages du flanc ouest étant plus accentués que ceux du flanc est. Il émet vers le Nord-Est un prolongement à la faveur duquel il met au jour les couches profondes de granite avec leur auréole de roches cristallophylliennes surtout formées de gneiss. Il n'y a guère de cornéennes.

Partout l'ensemble des terrains du Dôme présente des phénomènes d'écrasement intense. Les schistes et les calcaires sont très plissés dans le détail, pendant que les granites et gneiss sont écrasés au point qu'il est difficile de les séparer à l'œil nu. On peut voir des rochers de calcaires marmorisés extraordinairement plissotés et contournés en divers points du Dôme, notamment à l'Est de Ngan Son et aux environs de Ban Dzian. Ces calcaires d'aspect massif montrent, par leurs zones de teintes différentes, l'intensité du plissement. Il est possible et même probable que les flancs du Dôme sont constitués, non par une série dévonienne continue, mais par des écailles imbriquées présentant plusieurs fois le même terrain. Les pendages d'ensemble sont assez faibles.



L'allure générale du Dôme ressort nettement du schéma de la Fig. 25 et des coupes des Fig. 26 et 27 ci-après.

Nous venons de voir quelle est la structure du Dôme de Ngan Son et de quels matériaux il est formé. Il convient maintenant d'étudier ses relations avec les terrains voisins.

Il est environné par les Schistes du Song Hiem qui reposent sur lui par contact anormal. Ces Schistes sont souvent sériciteux par suite de laminage, mais jamais métamorphisés, même aux environs de Keo Len où ils sont en contact direct avec les granites et gneiss écrasés.

A l'Ouest le contact, malgré une allure d'ensemble assez tranquille, est très complexe et varié dans le détail. Les Schistes charriés sont formés de plusieurs écailles entre lesquelles sont prisés des lames de calcaires complètement broyés. En divers points, des roches vertes jalonnent le contact. A Ban Va (Est de Na Vay) coupe 1, Fig. 27, on voit très bien les roches vertes former une lame entre le complexe schisto-calcaire dévonien du Dôme de Ngan Son et les Schistes du Song Hiem.

Sur la route de Phu Ton à Ngan Son des bancs horizontaux de quartzites reposent sur des schistes très plissés (coupe Fig. 26).

Cette coupe, facile à suivre, est très intéressante parce qu'elle nous montre les terrains autochtones du Dôme particulièrement froissés au contact de la nappe des Schistes du Song Hiem.

On voit sur notre figure les plis du Dévonien écrasés et couchés vers l'Est; les Schistes sont de plus en plus métamorphisés en s'approchant des gneiss qui affleurent dans le ravin près de Na Noi.

LÉGENDE DE LA FIG. 24 ci-contre. — *Partie centrale de l'Arc du Coc Xo.*

A. — *Zone autochtone. Pointe Nord du Bac Son.*

B. — *Fenêtres (Arc du Coc Xo).* — I. Anticlinal du Coc Xo. — II. Fenêtre de Yen Lac.
— III. Dôme de Ngan Son. — IV. Dôme du Nui Tong Tinh.

C. — *Schistes du Song Hiem.*

D. — *Nappe du Song Gam.* — V. Lambeau du Kim Hi. — VI. Ecaille inférieure du Binh Lang. — VII. Deuxième écaille du Binh Lang.



Granite



Gneiss



Devonien



Ouralo permien
autochtone



Ouralo permien
Charrie



Schistes
du Song Hiem



Brèche des
Sommet



Rhyolites



Roches vertes

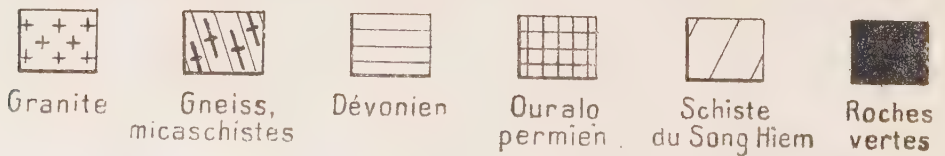
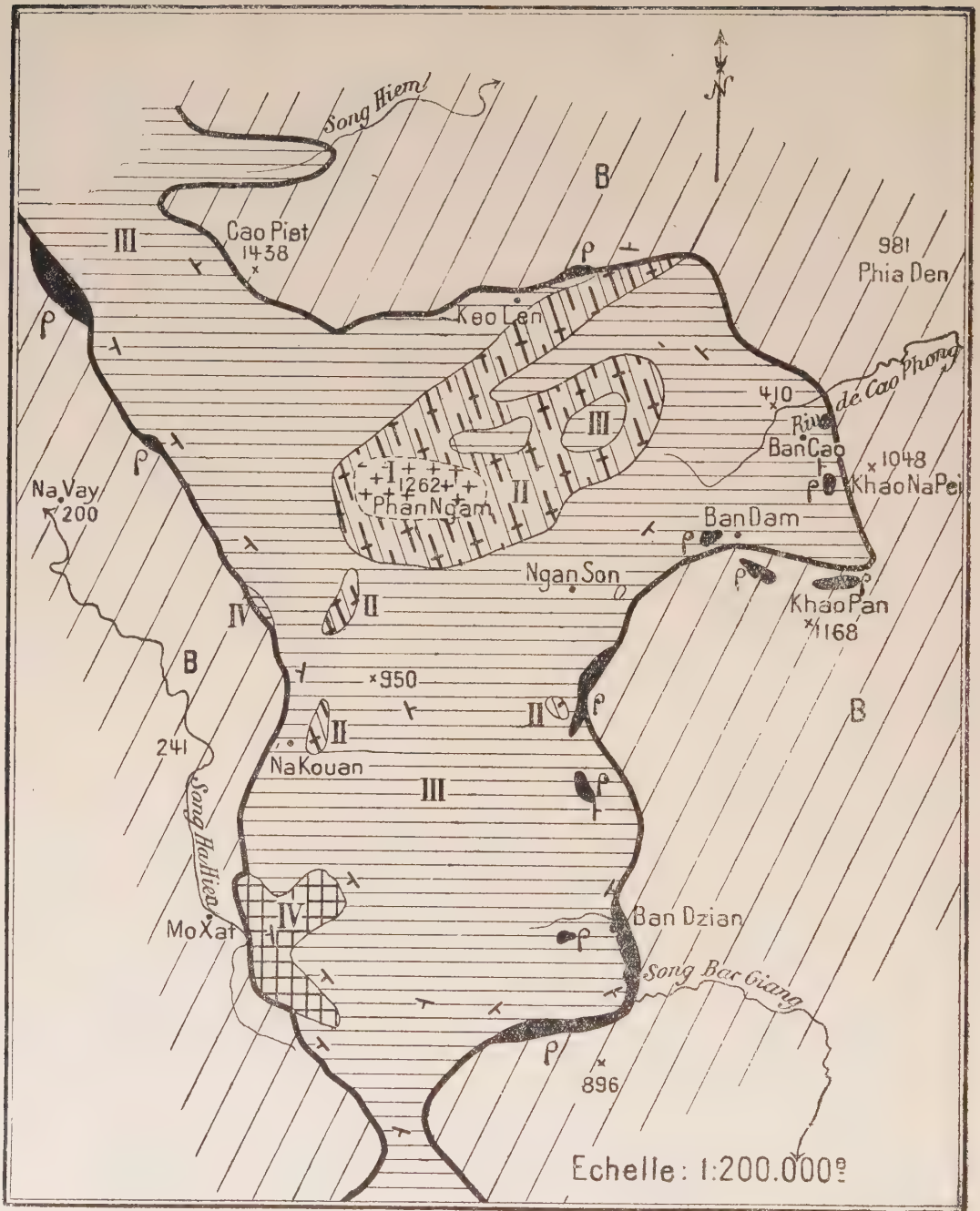
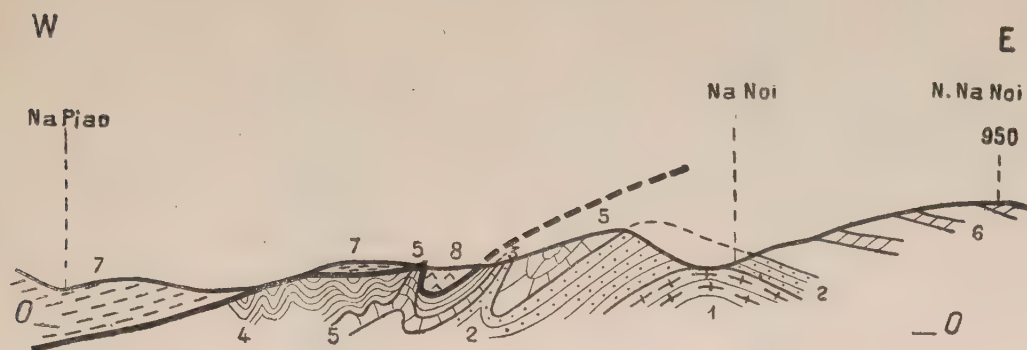


FIG. 25 — Schéma du Dôme de Ngan Son.

LÉGENDE : A. — Terrains autochtones. — I. Granite du Phan Ngam. — II. Gneiss et micaschistes.
— III. Calcaires dévoniens. — IV. Ouralo-Permien.

B. — Schistes du Song Hiem. — p. Roches vertes ophitiques ou microlithiques.

Tout le long de ce contact ouest le Dôme dévonien s'élève assez brusquement et domine largement la région des Schistes.



Echelle: 1:50.000^e

FIG. 26. — Coupe est-ouest par Na Noi suivant la route de Phu Ton à Ngan Son.

LÉGENDE: A. — Dévonien autochtone. — 1. Gneiss. — 2. Schistes déjà très métamorphiques avec minces lits de quartz, passant aux gneiss. — 3. Schistes très sériciteux. — 4. Schistes sériciteux très plissés. — 5. Calcaires très laminés et brèche calcaire. — 6. Complexe schisto-calcaire dévonien presque horizontal.

B. — Nappe du Song Hiem. — 7. Schistes et quartzites. — 8. Rhyolithes laminées.

De rares calcaires blancs, peut-être ouraliens, et faisant partie du Dôme, s'enfoncent avec lui sous les Schistes du Song Hiem.

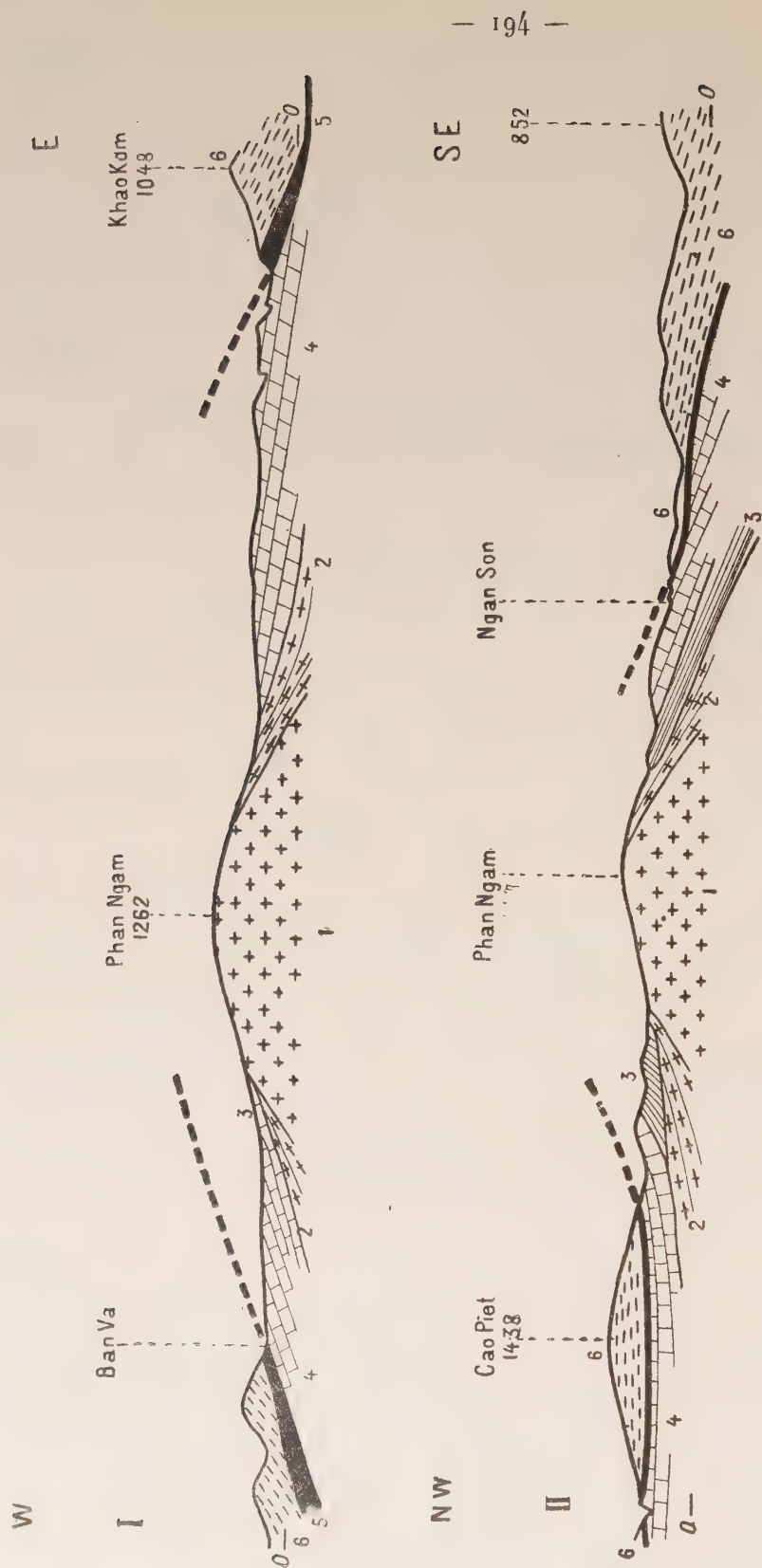
Nous citerons le massif de Mo Xat dont le contact avec les Schistes du Song Hiem est marqué par du fer qui a donné lieu à quelques exploitations peu importantes (1).

Les contacts du Nord et de l'Est présentent un aspect très différent. Les Schistes du Song Hiem forment une masse énorme qui domine largement la périphérie nord-est du Dôme. Sur toute cette bordure on voit nettement les couches dévoniennes plonger sous l'ensemble charrié des Schistes du Song Hiem (coupe 1, Fig. 27), souvent avec interposition de lames de roches vertes. D'autres roches curieuses, ayant l'aspect d'un poudingue laminé, sont très fréquentes dans cette région. Ce sont pour moi des rhyolithes écrasées.

On peut voir aussi, notamment sur la route de That Khe à Ngan Son, quelques rares bancs calcaires devenus complètement schistoïdes.

Les roches vertes prennent une grande importance sur la bordure sud-est, notamment aux environs de Ban Dzian, où elles forment le barrage naturel qui donne

(1) Ces exploitations sont beaucoup moins importantes que celles que nous avons signalées à « Mo Xat » près de Cao Bang. Le fer de Mo Xat (Ngan Son) semble avoir pour origine des filons pyriteux. Nous rappelons que Mo Xat signifie, en annamite, Mine de fer.



Echelle: 1:120.000

FIG. 27. — Coupes du Dôme de Ngan Son.

LÉGENDE: Terrains autochtones. — 1. Granite. — 2. Gneiss et micaschistes. — 3. Schistes éiféliens plus ou moins sériceux. — 4. Complexe schisto-calcaire métamorphisé du Dévonien moyen. — 5. Roches vertes. — 6. Schistes avec bancs calcaires et rhyolithes très laminées.

naissance aux chutes du Song Bac Giang. La totalité du barrage est en roches vertes et il n'y a pas, aux environs, de rhyolithes en place (1). On trouve seulement quelques débris de rhyolithes écrasées appartenant aux Schistes du Song Hiem dans le bassin du Song Bac Giang.

Sur le bord oriental du Dôme une vallée, dont l'altitude moyenne est de 410 m., est brusquement dominée par les schistes qui s'élèvent au Khao Na Pei à 1048 mètres, et au Cao Piet à 1438 mètres, tandis que les granites du centre du Dôme atteignent l'altitude de 1260 m. seulement. De plus des témoins des Schistes du Song Hiem se montrent en divers points sur les schistes et calcaires dévoniens, notamment au Sud-Est de Ngan Son (Voir coupe 11, Fig. 27 ci-contre).

Nous attachons une importance particulière aux contacts de la région de Keo Len où les Schistes du Song Hiem, formant toute la masse du Khao Giang (1105 m.), écrasent le Nord du Dôme de Ngan Son. Ces Schistes sont en contact direct, sans aucune trace de métamorphisme, avec des gneiss et des granites laminés (Voir le schéma fig. 25, p. 192).

Le Dôme de Ngan Son est sillonné, surtout dans sa partie est, de filons de quartz ; il en est de même des Schistes du Song Hiem où d'autres filons atteignent un développement considérable, surtout au voisinage du contact.

Les filons qui recoupent les Terrains autochtones, à l'exclusion des autres, sont minéralisés en pyrite, blende et galène argentifère, et, enrichis au contact des calcaires dévoniens, ont donné lieu à quelques exploitations de galène argentifère, notamment aux environs de Ngan Son et de Ban Cao. Des filons de pyrite transformés en hématite sont fréquents en divers points du Dôme.

Les filons de quartz, parfois très importants, qui affectent les Schistes du Song Hiem, contiennent de l'or. A Kouei Ngoa, au Sud du Khao Pa, ils recoupent les bancs de faux poudingues (rhyolithes écrasées), et ont donné lieu à des exploitations successives. L'attention vient à nouveau d'être attirée sur ces filons de Kouei Ngoa, où de nouvelles recherches sont actuellement en cours.

Les filons appartenant aux Schistes du Song Bac Giang prennent une importance exceptionnelle sur la bordure est du Dôme de Ngan Son, bordure le long de laquelle on peut voir d'énormes blocs de quartz atteignant plusieurs mètres de longueur, disséminés sur une zone assez large.

C'est dans ces filons qu'il faut rechercher l'origine de l'or alluvionnaire commun dans toute la région, où les exploitations chinoises ont été autrefois nombreuses.

Tous ces filons, ceux des terrains autochtones comme ceux des Schistes charriés, sont nettement postérieurs aux charriages. A l'Est du Dôme de Ngan Son on les voit recouper les calcaires écrasés du Dévonien. Les filons des Schistes recoupent les bancs de « faux poudingues » dont nous avons parlé. Ces divers filons se présentent en stockwerk sans direction d'ensemble.

Il existe cependant des filons antérieurs aux charriages. Dans toute la bande des Schistes du Song Hiem à l'Ouest du Dôme de Ngan Son on trouve en effet des filonnets

(1) M. ZEIL décrit le barrage du Song Bac Giang à Ban Dzian comme formé de microgranite à la base et de diabase au sommet [50, p. 11].

de quartz bleus inclus dans les Schistes, complètement écrasés et parfois tordus avec les Schistes. Ce fait est particulièrement remarquable au col du Deo Giang, sur la route de Bac Kan à Ngan Son. Les quartz bleus contiennent de l'or en minces filaments.

En résumé, la région de Ngan Son nous a permis de mettre en évidence les faits suivants :

I. — C'est un Dôme un peu allongé à axe courbe dont la convexité est tournée vers l'Est. Ce Dôme émet un prolongement dirigé vers le Nord-Est.

II. — Il apparaît nettement en boutonnière sous la masse charriée des Schistes du Song Hiem (1).

III. — Il présente en apparence une allure tranquille et montre un ensemble de schistes et de calcaires plongeant faiblement sous les Schistes du Song Hiem. En réalité cet ensemble est dans le détail effroyablement plissé et contourné, et ses éléments sont extrêmement écrasés.

IV. — La bordure ouest des Schistes du Song Hiem est plus compliquée que la bordure est. La première est formée de plusieurs écailles admettant entre elles des éléments divers, tandis que la bordure est ne présente, à la base des Schistes du Song Hiem, que les roches éruptives écrasées habituelles.

V. — Les granites du Phan Ngame sont écrasés et n'ont métamorphisé que les éléments du Dôme, à l'exclusion des terrains appartenant aux Schistes du Song Hiem. Ils occupent stratigraphiquement la partie profonde du Dôme. Ce sont des granites autochtones, antérieurs à l'époque des charriages. Ils sont postérieurs au Dévonien moyen qu'ils ont fortement métamorphisé.

VI. — Il semble qu'il y ait deux séries de filons de quartz, postérieurs aux charriages, au moins pour partie. Ceux du Dôme exclusivement sont minéralisés en pyrite,

(1) Notre interprétation tectonique de la Région de Ngan Son diffère de celles qui ont été données jusqu'à ce jour.

Pour MM. LANTENOIS et ZEIL [26 et 50], ainsi que cela résulte de leurs descriptions, cartes et coupes, les Schistes du Song Hiem (Schiste X de M. ZEIL) étaient attribués à une formation en place, stratigraphiquement inférieure au Dévonien de Ngan Son. Cette attribution les a conduits à considérer la Région de Ngan Son comme étant un bassin effondré, séparé des Schistes X, au moins à l'Est, par une faille. Comme nous l'avons déjà dit, les terrains dévoniens de la Région de Ngan Son plongent périphériquement, avec la plus grande netteté, sous les Schistes du Song Hiem (Schistes X), avec interposition fréquente de roches vertes. Il n'y a pas de faille verticale ou voisine de la verticale. De plus les granites du Phan Ngame, formant le terme le plus profond, ne seraient guère à leur place au milieu d'un bassin d'effondrement qui devrait, au contraire, avoir conservé les termes les plus élevés.

D'après M. GIRAUD [19, pp. 17-20-62], dans cette Région de Ngan Son, tous les terrains non calcaires (schistes métamorphiques ou non, gneiss, etc.) seraient charriés sur des calcaires dévoniens. Cette hypothèse ne peut être retenue si l'on considère que les calcaires voisins du granite *sont métamorphisés* et que les pendages des uns et des autres sont concordants ; en outre on peut voir, en divers points (notamment à l'Ouest de Ban Cao), les calcaires passer aux schistes sur lesquels ils reposent.

blende et galène; ceux des Schistes du Song Hiem, contiennent de l'or. Il existe également dans les Schistes du Song Hiem des filons de quartz bleu, antérieurs aux charriages, et qui ont vraisemblablement fourni l'or qui existe, remanié, dans les filons de quartz blanc.

2. — LE DÔME DU NUI TÔNG TINH ET LE PIA OAC

A. — Le Dôme du Nui Tong Tinh.

Le Dôme du Nui Tong Tinh termine au Nord-Ouest l'Arc du Coc Xo; il tire un intérêt spécial de la présence, sur sa bordure nord-est, du Massif du Pia Oac, vaste culot de granulite accompagné d'un cortège de gîtes d'étain. La position de cette granulite a soulevé de nombreuses discussions. Il y a un *problème* du Pia Oac que nous aurons à discuter.

Le Dôme du Nui Tong Tinh, de structure très simple, comme on peut le voir sur le schéma et les coupes ci-jointes, (Fig. 28 et 29 ci-après), paraît à la faveur de l'érosion au milieu de la Nappe du Song Hiem.

Il est allongé nord-ouest — sud-est et enveloppé périclinalement au Nord-Ouest par les Schistes du Song Hiem, eux-mêmes surmontés par le lambeau de recouvrement du Binh Lang.

Les pendages périclinaux du Dôme du Nui Tong Tinh sont généralement faibles. Son centre est formé de schistes cristallins très écrasés, identiques à ceux du Dôme de Ngan Son qu'ils ne font que continuer; on peut les attribuer par conséquent au Dévonien. L'érosion n'a pas entamé la couverture jusqu'au granite, comme dans le Dôme de Ngan Son.

Les schistes cristallins du Dôme du Nui Tong Tinh passent, en s'éloignant du centre du Dôme, à des schistes à peine sériciteux. L'ensemble est presque complètement ceinturé par une zone de calcaires que nous avons attribués au Dévonien moyen. Cette zone calcaire, à pendages faibles vers le Nord et l'Ouest dans la partie nord-ouest du Dôme, où la surface topographique est à peu près parallèle au pendage, s'étale largement pour former le Massif rocheux de Cao Thi. La formation calcaire est peu épaisse et les torrents qui prennent naissance dans le Pia Oac l'ont assez entamée pour rouler directement, dans tout leur cours supérieur, sur les schistes du substratum.

C'est ainsi que, au Nord du Signal de Tong Tinh, les schistes paraissent sous les calcaires qui forment parfois des témoins isolés perchés sur des mamelons de schistes (coupe 1, Fig. 29, p. 200). Ces schistes, plus éloignés du centre du Dôme, sont déjà moins métamorphiques. Ils ne contiennent pas de fossiles.

Au Sud-Ouest du Dôme, les calcaires sont beaucoup plus redressés et ne forment plus qu'une mince bande en continuité avec le Massif de Cao Thi. La rivière de Beau Site les traverse par une gorge étroite et courte avant de se frayer un passage dans les Schistes du Song Hiem pour aller rejoindre le Song Nang. Là, les calcaires sont faiblement discordants sur les schistes. La bande calcaire se poursuit au Sud-Est le long du Dôme de Ngan Son. Mais elle est déjà complètement écrasée entre les Schistes dévoniens et ceux de la Nappe du Song Hiem et ne laisse plus voir que des témoins discontinus.

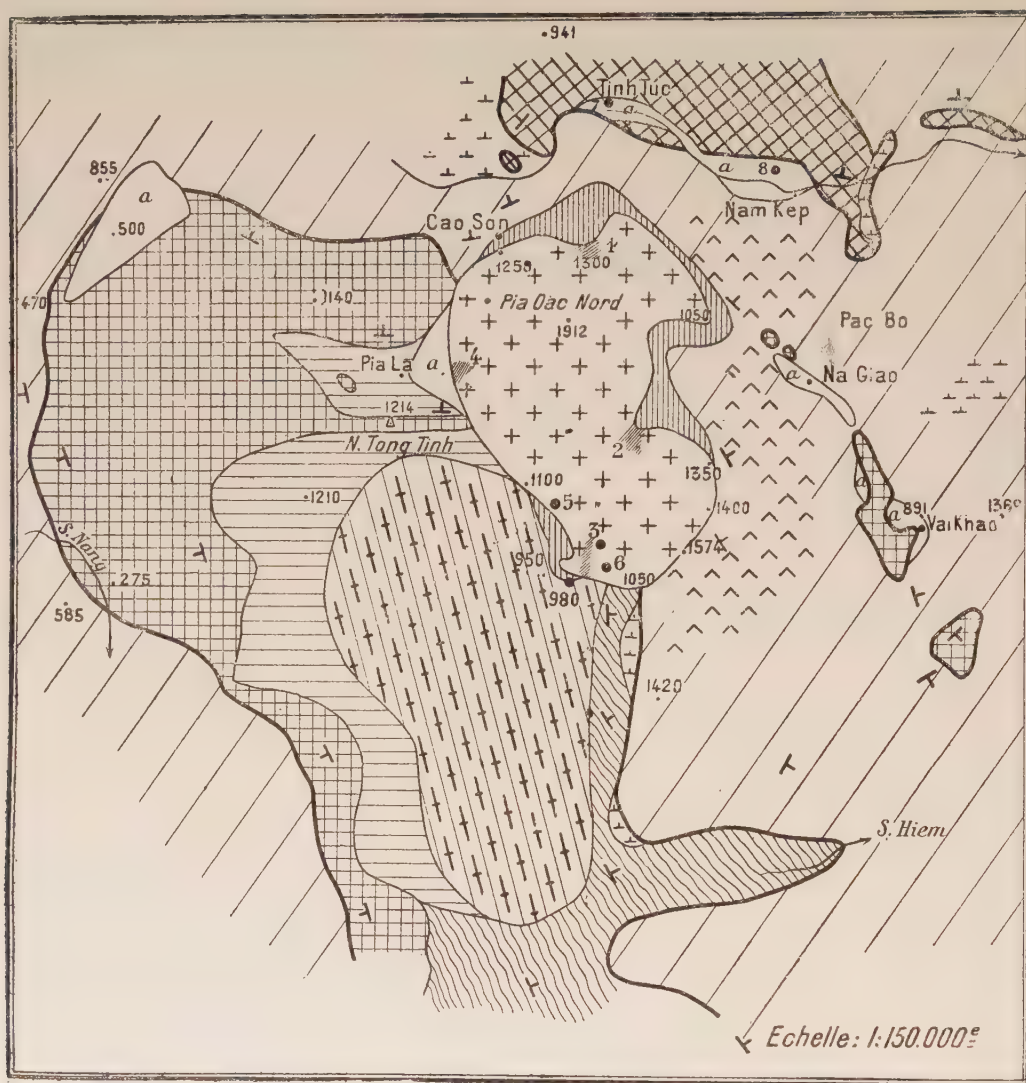


FIG. 28. — Schéma du Dôme du Nui Tong Tinh et du Massif du Fia Oac.

LÉGENDE : 1. Filons de Saint Alexandre. — 2. Filons du Khao Ouac. — 3. Filons d'Ariane et Gany-mède. — 4. Filons d'autunite. — 5. Exploitation par lavage : Beau Site. — 6. Exploitation par lavage : Ariane. — 7. Alluvions exploitées par lavage : Tinh Tuc. — 8. Alluvions exploitées par lavage : Nam Kep.

La bande des calcaires dévoniens écrasés mêlés aux schistes, entoure au Sud le Dôme du Nui Tong Tinh ; elle est ici horizontale et s'étale largement avant de se relever plus au Sud-Est contre le Dôme de Ngan Son (coupe III, Fig. 29, p. 200).

Vers l'Est cette zone broyée plonge doucement sous les Schistes du Song Hiem suivant une ligne nord-sud aboutissant à la pointe sud du Massif granulitique du Pia Oac.

La profonde coupure qu'entaille à sa naissance le Song Hiem permet de suivre sous les Schistes du Song Hiem, à plusieurs kilomètres vers l'Est, les témoins écrasés du Dévonien.

Dans la partie nord-est du Dôme, les granulites du Pia Oac ne permettent pas de voir les contacts des calcaires tant avec les schistes dévoniens, qu'avec les Schistes du Song Hiem.

Cependant, ces calcaires apparaissent plus à l'Est, à la faveur de l'érosion, sous la Nappe des Schistes du Song Hiem. On les voit à Na Giao et à Vai Khao où ils plongent faiblement vers le Nord-Est. Ils sont à peine transformés en marbres (coupe II, Fig. 29).

Un peu plus au Sud, ils affleurent encore sous les Schistes du Song Hiem avec un pendage très faible sud-est.

B. — Contacts des Schistes du Song Hiem avec le Dôme du Nui Tong Tinh.

Tous ces contacts sont assez calmes et ne présentent pas d'arrachements. Seule, la partie sud-est montre une zone de broyage intense avec mylonites siliceuses, surtout visibles dans le profond ravin du Haut Song Hiem, zone que nous avons signalée ci-dessus.

Au Nord, les schistes accompagnés de rhyolithes sont très laminés et réduits à une bande assez étroite entre le Dôme du Nui Tong Tinh et le lambeau du Binh Lang.

A l'Ouest, la masse chevauchante est complexe et comprend, entre l'Arc du Coc Xo et les Nappes du Song Gam, une zone d'écailles avec lames de calcaires, de rhyolithes offrant l'aspect de poudingues laminés, et de roches vertes schistoïdes.

A l'Est, c'est une énorme masse de schistes avec grès ou rhyolithes laminées, débutant à la base par une puissante épaisseur de rhyolithes très écrasées, ces dernières se présentent souvent en bancs minces à allure de schistes.

Le contact du Dôme du Nui Tong Tinh avec les Nappes est souvent marqué par des roches vertes.

Ce sont des diabases généralement déformées par les actions orogéniques, et même parfois laminées.

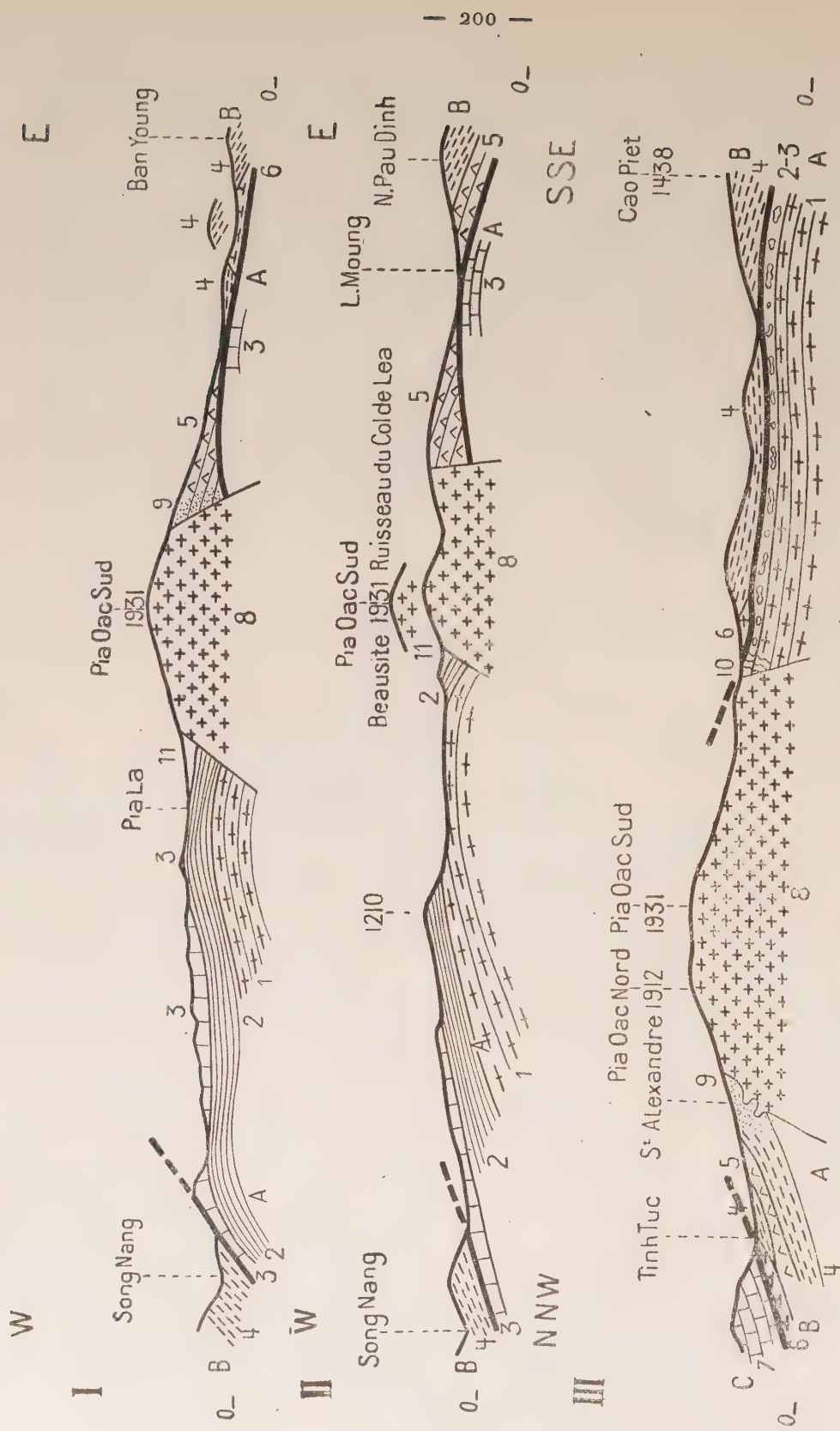
On les voit notamment :

1° — à l'Ouest de Nguyen Binh sur la route de Tinh Tuc et dans le ravin du col de Pac Bo.

2° — Sur la route de Tinh Tuc au Cao Son, à la base des calcaires, où elles terminent une bande qui prend une extrême extension vers le Nord.

3° — Aux environs de Phia Den, où elles sont particulièrement déformées.

En ce dernier point elles se placent nettement entre le Dévonien écrasé et les Schistes du Song Hiem (Voir Photographie D, Pl. IX).



Echelle: 1/50.000^e

FIG. 29. — Coupes du Dôme du Nui Tong Tinh et du Pia Oac.

LÉGENDE : A. Zone *autochtone* (Dôme du Nui Tong Tinh). — 1. Gneiss fins et micaschistes. — 2. Schistes dévoniens plus ou moins métamorphisés. — 3. Calcaires dévoniens (au moins pour partie). — (2-3). Zone écrasée de schistes et calcaires dévoniens.

B. Schistes du Song Hiem. — 4. Schistes. — 5. Rhyolithes laminés. — 6. Roches vertes (diabases pour la majeure partie).

C. *Lame inférieure du lambeau du Binh Lang*. — 7. Calcaires zonés avec brèches à ciment de calcite.

D. *Massif du Pia Oac*. — 8. Granulites. — 9. Cornéennes. — 10. Filons de quartz avec tourmaline. — 11. Éboulis

C. — Le Massif de granulite du Pia Oac.

Le Massif de granulite du Pia Oac domine largement le Dôme du Nui Tong Tinh que nous venons de décrire. Il est formé pour la majeure partie d'une belle granulite à gros quartz dihexahédriques, avec mica blanc. Cette granulite est très altérée et il est difficile d'y trouver des feldspaths ayant conservé leurs caractères. La tourmaline est fréquente.

Sur la bordure sud-ouest, près d'Ariane, la granulite se charge en mica noir et contient de grands feldspaths qui lui donnent un aspect porphyroïde.

Avant de discuter les hypothèses possibles sur l'origine du Massif du Pia Oac nous allons décrire minutieusement les contacts de ce Massif et énumérer tous les faits, parfois d'apparence contradictoire, que nous connaissons, relatifs, soit à la position des granulites, soit au métamorphisme qu'elles ont pu exercer

Nous signalerons d'abord qu'en de nombreux points, et notamment sur la majeure partie de la lisière ouest, les contacts sont masqués par des éboulis formidables, éboulis dans lesquels des blocs arrondis de toutes dimensions de granulite très altérée sont englobés dans une pâte formée des éléments même de la granulite et qui n'est autre qu'une arène granitique recimentée. On peut voir, dans des ravins élevés, au voisinage de Beau Site, des masses de ces éboulis reposer sur les schistes à peine métamorphisés du Dôme du Nui Tong Tinh. Ces éboulis peuvent être pris très facilement pour de la granulite altérée en place.

Ceci posé :

1°. Nulle part nous n'avons vu des granulites laminées ou à l'état de mylonites à leur contact avec les terrains voisins qui eux, présentent tous et partout des traces d'écrasement intense.

2°. Les altitudes du contact des granulites et des terrains voisins sont essentiellement variables. Ces altitudes ont été portées sur le croquis ci-joint. Il est impossible de faire passer par ces points une surface, même compliquée, pouvant appartenir à la base d'un lambeau de charriage.

3°. Etude des contacts.

a. — *Contact avec les calcaires de la région de Pia La. (Ouest du Massif du Pia Oac).*

Les éboulis dont nous avons parlé ensevelissent les calcaires au Nord de Pia La. Mais au Sud, on peut voir les calcaires, dont l'érosion a laissé une mince bande est-ouest

passant par le signal de Tong Tinh (Photographie C, Pl. XI), avec un faible pendage nord, arriver presque au contact des granulites. Ces calcaires, toujours laminés, sont également marmorisés, mais ne contiennent pas de minéraux de métamorphisme. Cette transformation en marbre, qui s'étend très loin dans tout le Massif de Cao Thi, peut être attribuée aussi bien au granite profond qui a métamorphisé les schistes du Dôme du Nui Tong Tinh qu'aux granulites du Pia Oac.

Les bancs calcaires de direction est-ouest arrivent droit dans les granulites du Pia Oac sans qu'on puisse dire s'ils passent dessous ou s'ils sont coupés à l'emporte pièce par les granulites (1), dont le contact avec les schistes et les calcaires est à peu près nord-sud.

Plus au Nord, les calcaires du Massif de Cao Thi pendent au Nord sous les Schistes du Song Hiem. Ces Schistes viennent en contact direct avec la granulite du Pia Oac.

b. — *Environs de Beau Site.*

Au Sud de Pia La, le contact des granulites et des schistes dévoniens plus ou moins métamorphiques est complètement masqué. Dans le petit ruisseau au Sud de Beau Site on voit des bancs de cornéennes *presque horizontaux*, mais les roches du Massif du Pia Oac en contact avec ces cornéennes paraissent être plutôt des arènes recimentées que de la granulite en place. Ces roches sont particulièrement altérées.

c. — *Environs d'Ariane.*

Le ruisseau d'Ariane, un peu avant son embouchure dans celui du col de Lea, entame profondément les granulites, et a l'intérêt, en même temps qu'il met au jour des roches moins altérées, de nous montrer des contacts particulièrement parlants.

Une coupe passant par les bâtiments de la Mine Ariane et par l'entrée d'une ancienne galerie dans le filon Ganymède (Fig. 30 ci-contre), nous montre dans le ruisseau des apophyses de la granulite traversant les micaschistes à l'emporte pièce ; certaines de ces apophyses sont très réduites : il en est qui ne dépassent pas un mètre de diamètre ; d'autres sont plus grandes et la granulite qui les forme contient des inclusions plus ou moins grosses de micaschistes. La surface de contact entre micaschistes et granulites est particulièrement visible (Photographie C, Pl. XII), et coupe nettement les lits des micaschistes.

Les granulites au contact ne sont nullement laminées ou écrasées.

Il n'y a pas de gneiss au contact de la granulite et ce n'est qu'en s'éloignant du Massif du Pia Oac qu'on rencontre, sous les micaschistes, les gneiss du Dôme du Nui Tong Tinh.

(1) C'est dans cette région qu'a été prospecté un gisement d'autunite. J'ai trouvé moi-même des traces d'autunite dans des morceaux de sidérose au voisinage du contact, un peu au Sud Ouest de Pia La.

L'altitude du contact ne dépasse guère, aux environs d'Ariane, 950 m. Plus au Sud, le contact des granulites, souvent masqué par des éboulis, a lieu avec les schistes sériciteux avec lames calcaires de la zone d'écrasement du Dévonien sur la bordure est du Dôme du Nui Tong Tinh. Ces schistes sont recoupés par des filons de quartz avec tourmaline.

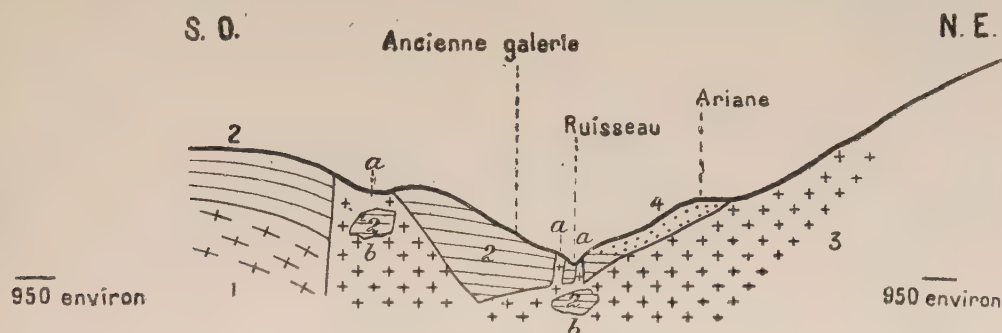


FIG. 30. — Coupe par Ariane.

LÉGENDE : 1. Gneiss du Nui Tong Tinh. — 2. Micaschistes. — 3. Granulite du Pia Oac. — 4. Eboulis et alluvions. — a. Apophyses de granulite, — b. Inclusions de micaschistes dans la granulite.

Le contact s'élève rapidement et passe aux environs du sommet du Nui Niot Ti, à plus de 1500 m. d'altitude.

Tout près d'Ariane, le Dévonien, très métamorphique, est recoupé par un filon minéralisé de direction nord-est, filon qui se poursuit peut-être dans les granulites du Pia Oac (1).

d. — Contact est.

Sur toute la bordure est du Massif granitique du Pia Oac, les granulites sont en contact avec des rhyolithes très laminées formant la base des Schistes du Song Hiem. Ces rhyolithes paraissent avoir été modifiées, par la venue de la granulite, en divers points de la bordure.

Le contact se fait souvent par l'intermédiaire de *cornéennes* à biotite et andalousite, *cornéennes* concordantes avec les bancs de rhyolithes. Des bancs de quartzites à mica vert séparent parfois les *cornéennes* de rhyolithes également riches en mica vert ; les pendages sont tous concordants.

En certains points ces *cornéennes* remontent très haut sur le Massif de granulite, notamment au Khao Oac où elles sont recoupées de nombreux filons en stockwerk riches en minéraux (surtout wolfram).

(1) Ce filon, le filon Ganymède, minéralisé en pyrite, chalcoppyrite, blende, etc. n'est pas en relation avec les roches vertes que nous avons signalées au contact du Dôme du Nui Tong Tinh.

Les pendages, assez accentués, sont très constants vers le Nord-Est. Dès qu'on s'éloigne des granulites, les rhyolithes ne contiennent plus de mica vert. Les granulites n'affleurent pas dans les ravins de l'Est du Massif du Pia Oac. Dans la région de Na Giao, les hauts sommets qui dominent les ravins du flanc est du Pia Oac montrent des rhyolithes recouvrant les granulites, tandis que dans les parties profondément érodées à l'Est du Massif, paraissent les calcaires dévoniens dépendant du Dôme du Nui Tong Tinh.

Il n'y a pas de schistes cristallins à l'Est du Massif du Pia Oac.

e. — *Contact nord du Massif du Pia Oac.*

Au Nord du Massif du Pia Oac les Schistes du Song Hiem, à rhyolithes laminées, ceinturent les granulites, avec intermédiaire d'une zone de cornéennes particulièrement bien développées à la Mine Saint Alexandre, où ces cornéennes à andalousite sont recoupées de nombreux filons de quartz minéralisés en wolfram.

La première écaille calcaire du lambeau du Binh Lang, transformée en marbre zoné, repose au Nord sur les Schistes du Song Hiem.

f. — *Alluvions de la cuvette de Tinh Tuc.*

La cuvette alluvionnaire de Tinh Tuc est creusée entre les Schistes du Song Hiem et les calcaires de la lame inférieure du lambeau du Binh Lang, et coupe même ces calcaires. En dehors de la présence de la cassitérite qui lui donne un intérêt particulier, on y trouve des débris de granulite et de cornéennes, et une masse considérable de galets de roches laminées qui ne sont autre que les « Grès Singuliers » appartenant à la Nappe des Schistes du Song Hiem. Les débris de diabase ne sont pas rares dans ces alluvions qui sont particulièrement riches en ilménite provenant de la destruction des roches vertes de la région. Il est probable que la bande de diabase, masquée par les éboulis ou les alluvions, suit tout le flanc nord du Pia Oac et va rejoindre, au contact des calcaires, les roches vertes du ravin de Pac Bo.

Conclusions.

Deux hypothèses ont été émises sur la position des granulites du Massif de Pia Oac.

Pour M. LANTENOIS [26, p. 11], c'est un *culot granitique* apparaissant « *comme l'une des sentinelles avancées vers l'Est de l'action métamorphisante* ». M. LANTENOIS ne paraît pas avoir séparé, à un point de vue autre que le point de vue pétrographique, les divers granites du Tonkin. Ils seraient pour lui, dans l'ensemble, anté-rhétiens ; certains même seraient anté-ouraliens, âge établi sur l'absence de métamorphisme de l'Ouralien. Dans aucun cas, M. LANTENOIS n'a pensé à des granites récents.

Pour M. DEPRAT [12], les granulites du Pia Oac sont un lambeau de poussée à la base d'une nappe de charriage, élément des « Nappes préyunnanaïses », supérieur aux Schistes du Song Hiem (Nappe du Song Mien de M. DEPRAT).

La coupe de M. DEPRAT nous montre les granulites du Pia Oac reposant par contact anormal sur le prolongement sud-est de la Nappe du Song Mien ; cette Nappe

elle-même nous présente un synclinal, couché vers l'Est, de calcaires gothlandiens et de schistes appartenant à l'Ordovicien supérieur et au Gothlandien. Les granulites du Pia Oac occupent la base des Nappes préyunnanaïses formées des mêmes éléments stratigraphiques que la Nappe du Song Mien.

Nous aurons à discuter, dans notre étude des Nappes de charriage de l'Est du Tonkin, la coupe de M. DEPRAT. Nous n'examinerons ici que la position des granulites du Pia Oac.

L'hypothèse de M. LANTENOIS ne tient pas compte de la structure de la région et de l'existence des recouvrements, qui posent immédiatement une question nouvelle, celle de l'âge des granulites du Massif du Pia Oac par rapport à l'âge des charriages. Etant donné que nous admettons des charriages, nous avons à discuter les hypothèses suivantes :

α. — Granite ancien (antérieur aux charriages) appartenant au substratum des Nappes, mis à nu dans un anticlinal à la suite des plissements et de l'érosion.

β. — Granite charrié avec les Nappes.

γ. — Culot récent postérieur aux charriages.

La position excentrique des granulites par rapport au Dôme du Nui Tong Tinh et l'allure du contour ouest de ces granulites, contour tout à fait indépendant coupant à l'emporte pièce les éléments du Dôme quelle que soit leur direction, mettent hors de cause l'hypothèse d'un granite ancien en place.

Nous avons déjà vu ailleurs, dans le Dôme de Ngan Son, des granites anciens en place, qui existent vraisemblablement sous les gneiss du Dôme du Tong Tinh ; ces granites sont tout différents des granulites du Pia Oac.

Les cornéennes assez répandues autour du Massif du Pia Oac, bien qu'elles ne forment pas une auréole continue, sont en concordance complète, à l'Ouest avec les schistes dévonien, à l'Est et au Nord avec les rhyolithes laminées et les Schistes du Song Hiem. Ces cornéennes semblent donc avoir été développées dans ces formations par l'action de la granulite.

L'action métamorphique qui a donné naissance à ces cornéennes ne peut être attribuée qu'au Massif du Pia Oac, car ce n'est qu'au contact de la granulite que nous trouvons de telles roches. Il n'en existe pas de semblables dans le massif gneissique du centre du Dôme du Nui Tong Tinh.

Enfin, la nature des contacts aux environs d'Ariane, où des apophyses de granulite non écrasée pénètrent dans les micaschistes du Dôme du Nui Tong Tinh, sont en contradiction absolue avec l'hypothèse d'un charriage du granite sur les terrains métamorphiques du Dôme du Nui Tong Tinh (Voir coupe Fig. 30, p. 203).

Nous estimons donc que le Massif de granulite du Pia Oac, qui ne présente pas de brèches de granulites ou de granulites écrasées à sa base et qui est en contact avec des éléments stratigraphiques et tectoniques variés qu'il a recoupés et qu'il a métamorphisés, doit être considéré comme étant un culot en place, postérieur aux charriages.

L'écrasement des formations encaissantes, qu'il paraît logique d'attribuer aux mouvements des Nappes du Song Hiem et du Song Gam, n'est pas en contradiction avec cette

hypothèse, non plus que l'absence de minéraux de métamorphisme dans les calcaires laminés [DEPRAT 12] *complètement marmorisés*, du Massif de Cao Thi. Le métamorphisme exercé par les granulites du Pia Oac paraît avoir affecté une zone peu épaisse ; cependant les calcaires qui forment la lame inférieure du lambeau de recouvrement du Binh Lang ont été transformés en marbre à une distance de plusieurs kilomètres.

Les coupes ci-jointes (Fig. 29, p. 200) donnent l'allure de la Région du Pia Oac.

3. — L'ANTICLINAL DU COC XO

Le schéma de la Fig. 24, p. 190 et la coupe de la Fig. 31 ci-dessous nous montrent la structure de l'Anticlinal du Coc Xo.

L'Anticlinal du Coc Xo forme une immense voûte de schistes et de calcaires que nous attribuons, au moins pour partie, au Dévonien supérieur, par suite de sa position sur les terrains de la Fenêtre de Yen Lac. Les pendages, moyens sur le flanc ouest, sont faibles sur le flanc est. L'ensemble est extrêmement laminé, mais nullement métamorphique. A l'Ouest, l'Anticlinal du Coc Xo plonge sous les schistes du Song Cau, prolongement au Sud-Est des schistes du Song Nhiem, et appartenant à l'ensemble des Schistes du Song Hiem. Ces schistes n'offrent dans cette région aucun caractère particulier ; ils contiennent quelques lames de calcaires écrasés au voisinage du contact qui ne présente pas de discordance angulaire ; ces bancs calcaires, assez importants au Nord, disparaissent vers le Sud. On trouve de plus dans les schistes des filons de quartz bleu écrasés avec eux.

A l'Est le complexe dévonien du Coc Xo plonge faiblement sous les schistes à peine froissés du Synclinal de Na Ri, qui le séparent de la Fenêtre de Yen Lac. Le contact est presque horizontal et le Dévonien paraît en fenêtre dans les bas-fonds sous le manteau des Schistes du Song Hiem.

Je n'ai pas étudié la terminaison au Sud de l'Anticlinal du Coc Xo. Mais, d'après la carte de M. ZEIL, le Dévonien du Coc Xo disparaît sous la Brèche et les Schistes de son système X, équivalant à nos Schistes du Song Hiem.

Sur toute la ligne de contact nous voyons donc toujours le Dévonien du Coc Xo passer *sous* les Schistes de la Nappe du Song Hiem.

Quelques lambeaux isolés des Schistes du Song Hiem, écrasés avec le Dévonien sous-jacent, existent en divers points de l'Anticlinal du Coc Xo.

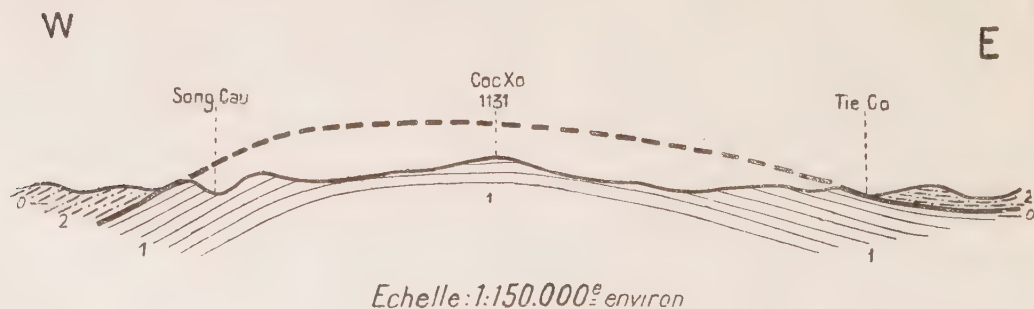


FIG. 31. — Coupe de l'Anticlinal du Coc Xo.

LÉGENDE : 1. Dévonien supérieur autochtone. — 2. Schistes charriés du Song Hiem.

Au Nord-Est le contact du Dévonien du Coc Xo et des terrains voisins est masqué par le Massif ouralo-permien du Kim Hi.

L'Anticlinal du Coc Xo, à axe nord-sud dans sa partie nord, s'incurve légèrement dans sa partie sud pour prendre la direction nord-est — sud-ouest.

4. — LA FENÊTRE DE YEN LAC.

A l'Est de l'Anticlinal du Coc Xo l'érosion a mis à nu, sous les Schistes du Song Hiem, une longue bande de terrains formant une fenêtre de direction nord-nord-est — sud-sud-ouest, qui, commençant au Nord dans la région de Yen Lac, se prolonge vers le Sud à peu près parallèlement à l'Anticlinal du Coc Xo.

Cette Fenêtre présente de haut en bas la succession stratigraphique suivante, dont presque tous les éléments sont fossilifères :

Ouralo-Permien (faisant partie des Nappes).

Dévonien supérieur schisto-calcaire.

Série comparée à celle de Ha Lang, comprenant quelques lames de calcaires siliceux dans des lydiennes.

Calcaires éiféliens.

Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM.

Série de Na Man, schisto-calcaire.

La structure de la Fenêtre de Yen Lac est assez simple dans l'ensemble. Comme on peut le voir sur le schéma de la Fig. 32 et sur les coupes de la Fig. 33, elle est affectée par une série de plis de faible amplitude, de direction nord-est — sud-ouest un peu oblique par rapport à celle de l'axe de la Fenêtre. Nous allons énumérer ces plis et les décrire sommairement ; nous examinerons ensuite l'allure du contact des Schistes du Song Hiem.

En partant de l'Anticlinal du Coc Xo vers l'Est, le premier pli rencontré est presque entièrement masqué par les Schistes du Song Hiem. Il n'est visible qu'aux environs de Na Dam où affleure dans la vallée la série des lydiennes attribuée au Givétien. Mais il se met facilement en continuité avec une petite voûte qui forme, à l'Ouest de Yen Lac, une partie du plateau de Lang Xan. Dans cette région, l'axe de l'Anticlinal, que nous appellerons Anticlinal de Lang Xan, est constitué par les Schistes à *Spirifer*, supportant à l'Est la Série de Ha Lang très réduite et le Dévonien supérieur.

A l'Ouest, le flanc de l'Anticlinal plonge assez brusquement sous des rhyolithes écrasées qui forment ici la base de la Nappe du Song Hiem (coupe 1, Fig. 33). Au Nord, il est recouvert par les mamelons plus élevés des Schistes du Song Hiem ; mais il est probable qu'il s'enfonce aussi en profondeur, car on ne le retrouve pas dans les profonds ravins situés plus au Nord.

Plus loin du Coc Xo, le second anticlinal est marqué par une longue bande de Schistes à *Spirifer*, au milieu desquels l'érosion profonde du Song Bac Giang a mis à nu, près de Yen Lac, la Série de Na Man : C'est l'Anticlinal de Yen Lac.

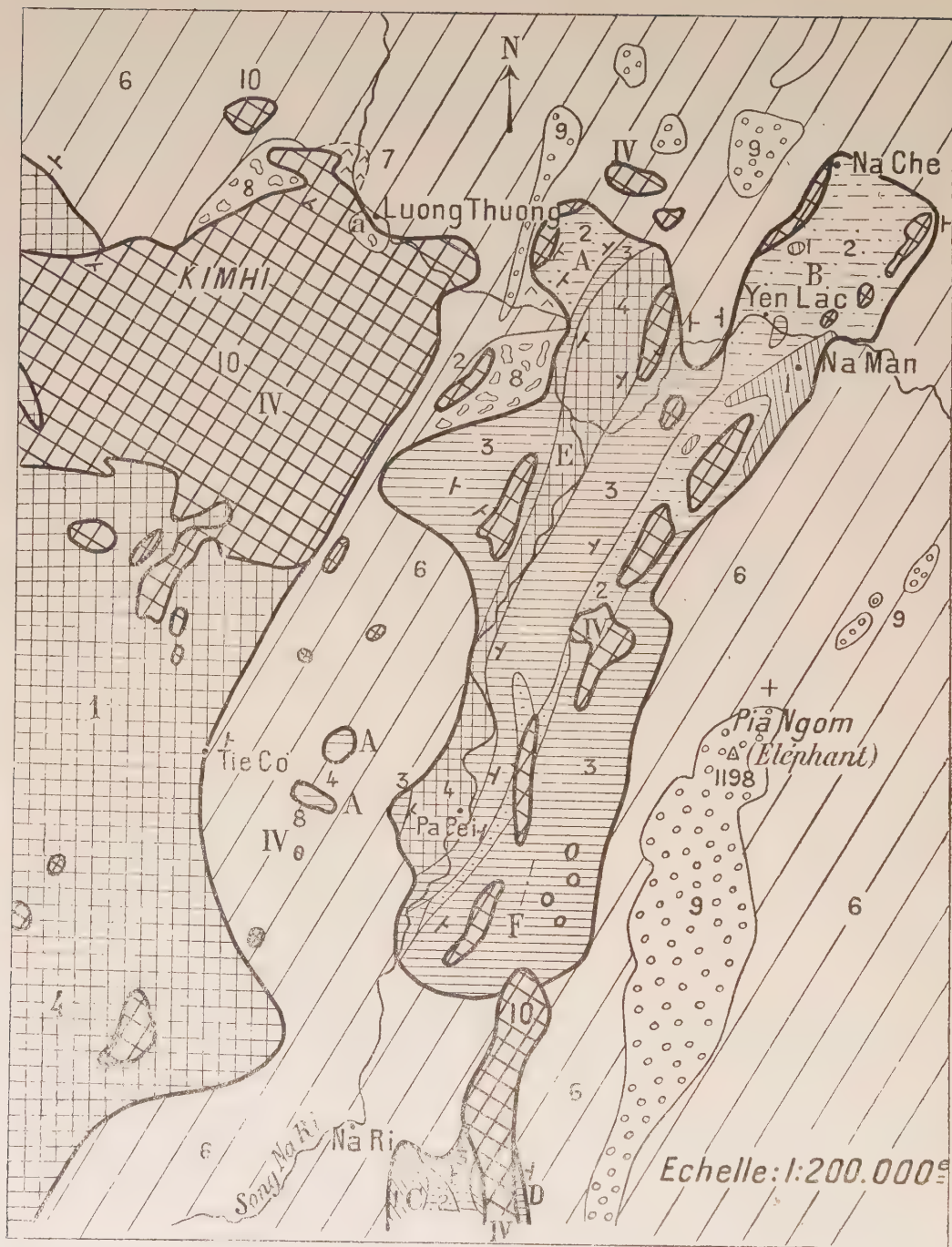


FIG. 32 — Schéma de la Fenêtre de Yen Lac.

Eléments tectoniques.

- I. — Anticlinal du Coc Xo.
- II. — Fenêtre de Yen Lac. — A. Anticlinal de Lang Xan. — B. Anticlinal de Yen Lac. — C. Anticlinal de Na Tian. — D. Anticlinal de Na Lou. — E. Synclinal du Song Na Ri. — F. Synclinal plissé du Nui Lon.
- III. — Schistes du Song Hiem.
- IV. — Lambeau du Kim Hi et ses dépendances.

Eléments stratigraphiques. (Voir légende Fig. 33.)

Les cartes et schémas indiquent suffisamment la position de ce pli recouvert, au Nord et au Sud, par les Schistes charriés du Song Hiem.

Entre l'Anticlinal de Lang Xan et l'Anticlinal de Yen Lac, le synclinal est rempli par la Série de Ha Lang et le Dévonien supérieur.

A l'Est de l'Anticlinal de Yen Lac se trouve, non un synclinal, mais une région synclinale formée de plusieurs plis serrés. C'est la région du Nui Lon, constituée par la Série de Ha Lang, qui supporte au Sud et à l'Est les Schistes du Song Hiem (coupe III, Fig. 33, p. 210).

A l'Est de Na Ri, la Fenêtre de Yen Lac est prolongée vers le Sud par un affleurement visible le long de la route de Na Ri à Pho Binh Gia.

Cet affleurement forme deux anticlinaux, (coupe Fig. 34, p. 212) dont le plus oriental, l'Anticlinal de Na Lou, est couché vers l'Est sur les Schistes du Song Hiem repliés; l'autre anticlinal, auquel nous avons donné le nom d'Anticlinal de Na Tian, est à peu près symétrique, mais les schistes gothlandiens qui en forment l'axe sont étirés sur le flanc est.

Ces plis, visibles suivant une très petite surface sous les Schistes du Song Hiem, sont dirigés nord-est — sud-ouest.

Ils se rattachent à la Fenêtre de Yen Lac par une série d'affleurements dévoniens discontinus visibles dans la vallée du Song Na Ri.

Ces affleurements dévoniens se prolongent vers le Sud-Est, mais nous ne les avons pas étudiés au-delà de la région de Na Ri.

Les terrains de la Fenêtre de Yen Lac sont moins écrasés et laminés que ceux de l'Anticlinal du Coc Xo.

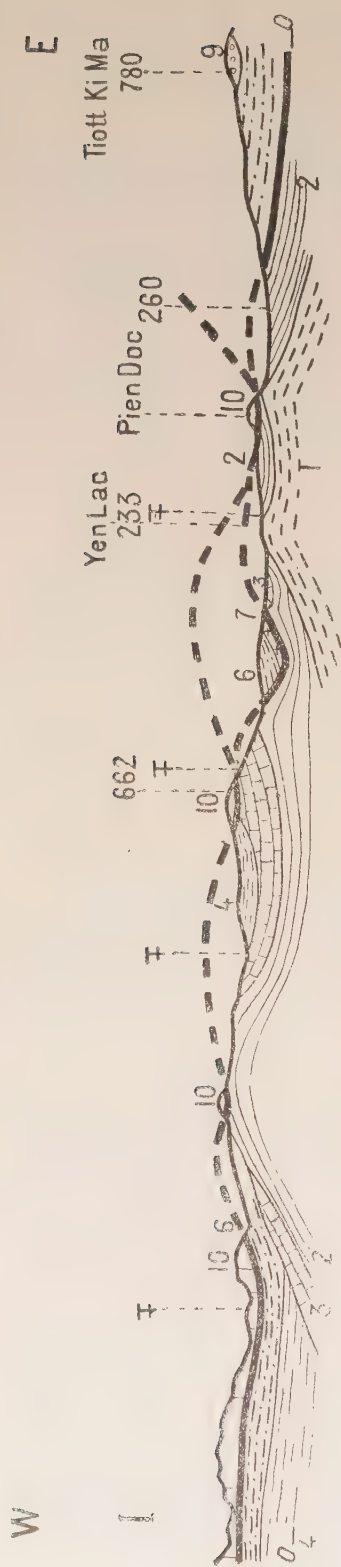
Roches vertes. — Quelques affleurements peu importants de roches vertes, indiqués sur la carte au 1/100.000^e, sont visibles en divers points dans la Fenêtre de Yen Lac. Ils sont localisés dans le Dévonien moyen, à l'exclusion du Dévonien supérieur. Ce sont en général des diabases. Au Sud de Yen Lac existe un petit filon plus basique d'une norite à olivine voisine de celle que nous avons signalée près de Cao Bang, mais plus pauvre en feldspath.

Les contacts des terrains dévoniens de la Fenêtre avec les Schistes du Song Hiem.

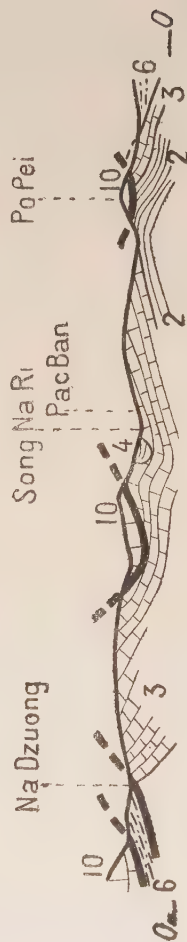
Presque partout l'ensemble faiblement plissé des Schistes du Song Hiem domine largement les terrains dévoniens. Ces Schistes reposent en discordance sur tous les horizons stratigraphiques existant dans la Fenêtre de Yen Lac : Au Sud-Est de Yen Lac, ils s'appuient sur la Série de Na Man; au Nord, ils reposent sur tous les termes, du Dévonien moyen au Dévonien Supérieur.

Le schéma (Fig. 32 ci-contre) montre suffisamment ces contacts qui recoupent d'une façon quelconque les plis du Dévonien et sont tout à fait indépendants de ces plis.

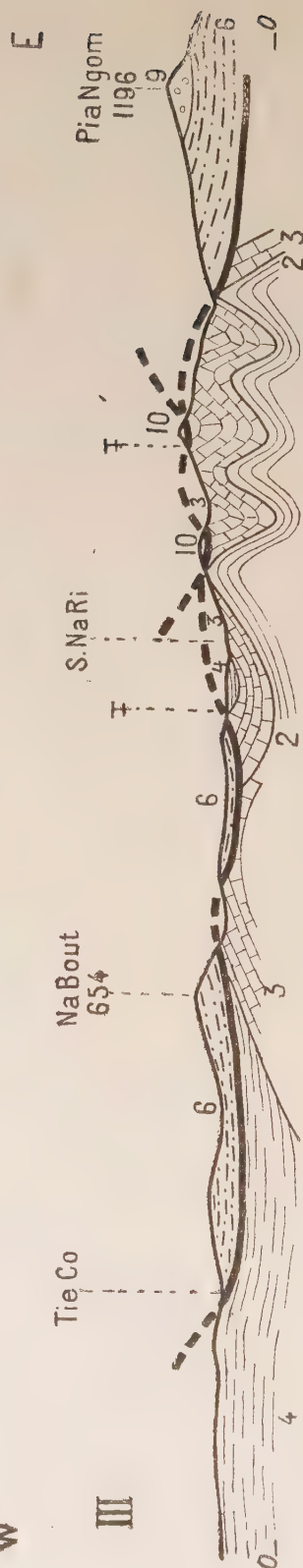
A l'Ouest de Yen Lac, un petit synclinal des Schistes du Song Hiem s'étend légèrement vers le Sud. L'axe de ce synclinal ne correspond pas avec l'axe du Synclinal du Song Na Ri; il est rempli par les Schistes habituels du Song Hiem, avec, à la base, une lame de roches éruptives complètement écrasées (Voir coupe I, Fig. 33). Entre l'Anticlinal du Coc Xo et l'Anticlinal de Yen Lac, les plis dévoniens, comprenant un



ESE



W



Echelle 1:100.000

FIG. 33. — Coupes de la Fenêtre de Yen Lac.

LEGENDE : I. Coupe est-ouest par Yen Lac. — II. Coupe par Na Dzuong et Po Pei. — III. Coupe par Tie Co et le Pia Ngom (Eléphant).

A. *Terrain autochtones*. — 1. Série de Na Man. — 2. Eifélien (Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHIM et calcaires eiféliens). — 3. Série de Ha Lang. — 4. Dévonien supérieur. — 5. Roches vertes.

B. *Schistes du Song Hiem*. — 6. Schistes et quartzites. — 7. Rhylolithes lamiaées. — 9. Brèche des sommets.

C. *Nappes du Song Gam*. — Lambeau du Kim Hi. — 10. Permien (Calcaires massifs et brèche calcaire).

anticlinal entre deux synclinaux, sont couverts dans leur partie sud par un seul synclinal des Schistes du Song Hiem. La partie nord, beaucoup plus froissée entre l'Anticlinal de Lang Dan et le Kim Hi, forme une masse tourmentée composée en grande partie de mylonite siliceuse.

Ces contacts semblent montrer que la Série de Na Man et le Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac étaient déjà faiblement plissés avant les charriages. Les plis étaient de direction nord-est — sud-ouest.

5. — LE KIM HI ET LES CALCAIRES OURALO-PERMIENS DE LA FENÊTRE DE YEN LAC

Nous avons vu plus haut que le Kim Hi masquait, au Nord-Est de l'Anticlinal du Coc Xo, les contacts entre le Dévonien du Coc Xo et les terrains voisins.

Les contacts entre les Schistes du Song Hiem et les calcaires ouraliens charriés sur la bordure nord-est et est du Kim Hi ne sont pas nets, mais en revanche la bordure nord du Kim Hi montre très bien leurs relations.

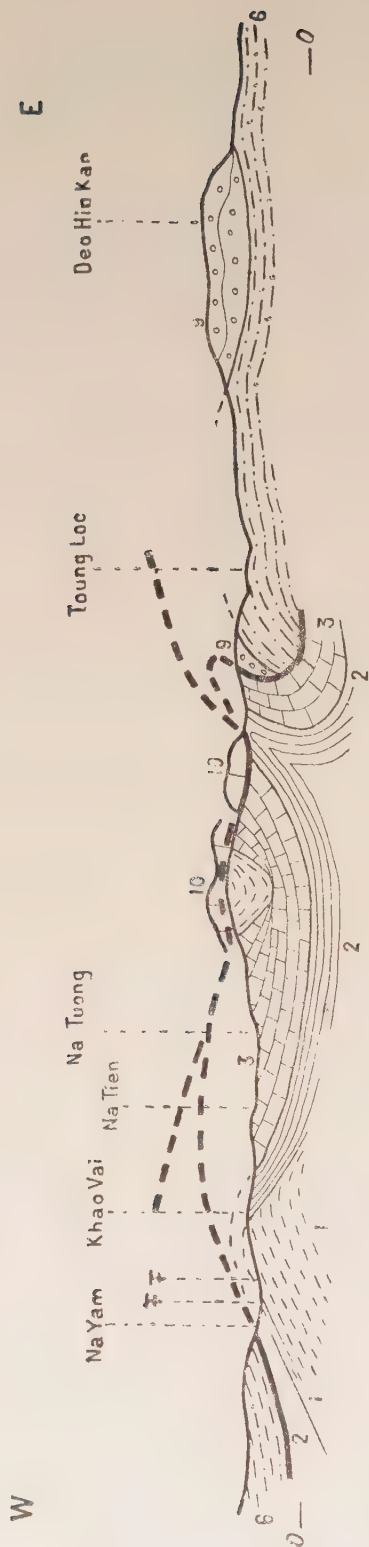
J'ai vu aux environs de Ban Thanh, au Nord du Kim Hi, les calcaires du Kim Hi reposer sur les Schistes, avec interposition d'une mylonite quartzeuse. Entre Ban Than et le Cao Pi, l'érosion a découpé profondément le terrain, laissant le témoin isolé de calcaires ouralo-permiens de Lung Noi perché sur un mamelon de Schistes à peu près horizontaux. Un autre lambeau analogue forme le Pia Thang au Nord-Ouest de la Fenêtre de Yen Lac, et repose également sur les Schistes du Song Hiem.

En suivant la route de Ban Than au col du Deo Giang on voit en de nombreux points, entre Ban Than et Xime Kouan, la falaise calcaire dominer, avec un léger pendage sud-sud-est la masse des Schistes. Ces observations nous montrent que le Kim Hi, repose sans aucun doute possible, sur la Nappe des Schistes du Song Hiem (1).

(1) On peut voir par ce qui précède que notre interprétation est toute différente de celles données pour la même région par MM. ZEIL et GIRAUD.

M. ZEIL dans ses coupes III et IV [50, Pl. II] place bien le Kim Hi sur le Dévonien et les Schistes X.

Mais, toujours par suite de l'attribution des Schistes X à une formation autochtone profonde il est conduit, comme pour le Dôme de Ngan Son, à limiter vers l'Est par une faille les formations dévoniennes et ouraliennes et à replier à l'Ouest les Schistes X, sur le



Echelle : 1:500.000^e

FIG. 34. — Coupe à l'Est de Na Ri.

LÉGENDE : A. Terrains autochtones. — 1. Gothlandien. — 2. Eifélien. — 3. Givétien et Dévonien Supérieur.

B. Schiste du Song Hiem. — 6. Schistes. — 9. Brèches des sommets.

C. Nappe du Song Gam. — 10. Ouralo-Permien.

Mais, lorsqu'on dépasse Xime Kouan vers l'Ouest, les Schistes du Song Hiem s'étirent entre le complexe dévonien et les calcaires du Kim Hi, et la masse ouralo-permienne du Kim Hi vient reposer directement sur le Dévonien du Coc Xo. Il en sera ainsi sur toute la bordure ouest et sud-ouest du Kim Hi qui ne nous montrera plus nulle part les Schistes du Song Hiem entre le Dévonien et l'Ouralo-Permien.

Au contact des calcaires massifs de l'Ouralo-permien, la partie supérieure du Dévonien du Coc Xo a été particulièrement froissée et plissée sur une certaine épaisseur. C'est ce que montrent bien la profonde vallée d'érosion de Done Con et de

Dévonien qui forme ainsi un synclinal couché vers l'Est. Nous avons vu qu'ici, comme partout, les Schistes X (Nappe du Song Hiem) reposent sur le Dévonien autochtone, tant sur le flanc est que sur le flanc ouest de l'Anticlinal du Coc Xo.

M. GIRAUD [19, Fig. 8, pp. 25 et 48] a remarqué que les Schistes X qu'il attribue au Trias, passent sur les autres formations. Mais il les fait également passer sur le Kim Hi et le Pia Na Moun, dépendance du Kim Hi. La coupe de M. GIRAUD, montrant le Pia Na Moun qui forme, au milieu des Schistes, une haute et mince saillie, est peu admissible a priori. J'ai vu d'ailleurs au Nord avec la plus grande netteté, les Schistes supporter les calcaires permien du Kim Hi.

nombreux cirques. Dans quelques uns de ces derniers on peut voir les calcaires ouralo-permiens massifs presque horizontaux, reposant sur des bancs verticaux de calcaires noirs dévoniens.

Les calcaires du Kim Hi sont très écrasés et forment souvent, comme au Pia Na Moun, des brèches composées de morceaux irréguliers agglomérés sans ciment. En d'autres points, (par exemple à l'Ouest de Luong Thuong, sur la route de Yen Lac à Ngan Son), il existe des brèches à ciment de calcite identiques à celles que nous connaissons dans la Zone primaire de l'Est de Cao Bang.

La roche ferrugineuse que nous avons signalée au Lu Khu et dans les Ba Chau existe également dans le Kim Hi. On la trouve au fond de quelques cirques et sur la bordure est. Cette roche forme aussi des mamelons importants, à allure de schistes, en divers points du Kim Hi. Elle est en général complètement laminée.

Le Kim Hi ne montre aucune direction de plissement. C'est un entablement presque horizontal et peu épais.

Les calcaires massifs du Permo-carbonifère sont représentés dans la Fenêtre de Yen Lac par de nombreux îlots disséminés un peu partout (Voir cartes, schéma et coupes).

Il est difficile de dire à priori si ces calcaires appartiennent au substratum en place ou s'ils font partie des calcaires charriés du Kim Hi.

Cependant l'étude de ces îlots calcaires et de leurs relations avec les terrains avoisinants nous donne les résultats suivants :

1° — Ces calcaires occupent toujours les sommets des mamelons de la Fenêtre de Yen Lac et leur ensemble se trouve à peu près sur un plan à une altitude moyenne un peu supérieure à 600 mètres, altitude qui est celle des sommets de la bordure orientale du Kim Hi.

2° — Ces calcaires ont le même aspect que ceux du Kim Hi. Ceux de ces îlots qui ont pu être datés appartiennent au Permien. L'Ouralien, qui existe à l'Est dans le Pays autochtone, ne paraît pas représenté (1).

3° — Les calcaires du Permo-carbonifère de la Fenêtre de Yen Lac *reposent indifféremment sur tous les termes du substratum* depuis la Série de Na Man jusqu'au Dévonien Supérieur. On les trouve reposant aussi bien sur des anticlinaux que sur des synclinaux de la Fenêtre. L'allure de l'ensemble des calcaires par rapport aux terrains de la Fenêtre est tout à fait identique à l'allure des Schistes du Song Hiem par rapport aux mêmes terrains.

3° — Au Nord de la Fenêtre, des calcaires ouralo-permiens, qu'il est difficile de ne pas rattacher à ceux qu'on a rencontrés dans le périmètre de la Fenêtre de Yen Lac, reposent sur les Schistes du Song Hiem.

Pour ces diverses raisons nous inclinons à attribuer aux Nappes du Song Gam, dont le Kim Hi est un lambeau avancé, les calcaires permiens épars dans la Fenêtre de Yen Lac.

(1) Les échantillons des calcaires du Kim Hi, très broyés, ne nous ont montré que des débris de Fusulinidés indéterminables. Nous ne pouvons donc leur assigner un âge précis.

Je tiens à préciser que je n'ai pas dépassé Na Ri au Sud. Par suite il ne m'est pas possible d'affirmer qu'il en est de même pour la bande de calcaires ouralo-permiens qui, commençant au Sud de la Fenêtre de Yen Lac, s'incurve vers l'Ouest pour aller se terminer dans la région de Lang Hit.

6. — CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE SUR LES FENÊTRES

Nous n'insisterons pas sur les nombreuses preuves qui ont été données au sujet des contacts anormaux des terrains en fenêtre avec les Schistes du Song Hiem.

Partout les terrains autochtones plongent périphériquement sous les Schistes charriés du Song Hiem, autour des régions en fenêtres.

Un des faits les plus intéressants à relever, c'est que le contact est souvent jalonné, comme pour la bordure des Massifs autochtones externes, par des affleurements de roches éruptives écrasées.

Les unes, les roches vertes, sont le plus souvent au voisinage du plan même du contact. Nos cartes montrent ces affleurements en divers points de la périphérie des Dômes du Nui Tong Tinh et de Ngan Son.

Les autres roches qu'on trouve communément au voisinage du contact sont des rhyolithes très écrasées appartenant à la base des Schistes du Song Hiem. Elles sont particulièrement abondantes à l'Est du Pia Oac.

Les terrains en fenêtres nous montrent, avec certitude, les éléments stratigraphiques suivants de haut en bas.

Dévonien supérieur	Coc Xo. Fenêtres de Yen Lac et de Phieng Dia.
Givétien (Lydiennes et calcaires).	Fenêtre de Yen Lac et Dôme de Ngan Son.
Eifélien	{ Schistes à <i>Spirifer</i> <i>Speciosus</i> et calcaires subordonnés. Série de Na Man. d°
Gothlandien.	Fenêtre de Yen Lac. Un seul affleurement très réduit près de Na Yam.

Dans l'Arc du Coc Xo, plus exactement dans le Dôme de Ngan Son, des granites montent dans le Dévonien moyen sur lequel ils ont exercé un métamorphisme intense.

Le Dôme du Nui Tong Tinh nous montre des schistes métamorphisés avec calcaires marmorisés, et des gneiss et micaschistes identiques à ceux du Dôme de Ngan Son, mais le granite ne paraît nulle part sous cette couverture.

Les trois dômes de l'Arc du Coc Xo correspondent à un seul anticlinal à peu près régulier. En revanche, la Fenêtre de Yen Lac montre une série de deux ou trois anticlinaux de direction nord-est — sud-ouest. Le manteau discordant des Schistes du Song Hiem recoupe les plis du Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac, plis qui, par leur direction, paraissent être antérieurs au charriage des Schistes du Song Hiem et du Kim Hi.

Le charriage des Schistes du Song Hiem est prouvé :

- 1^o — Par l'écrasement intense des terrains de l'Arc.
- 2^o — Par leur contact avec tous les termes stratigraphiques de la Série paraissant en fenêtres, granite compris.
- 3^o — Par l'absence de métamorphisme de ces Schistes du Song Hiem au contact du granite de la Fenêtre de Ngan Son.

Sur l'Anticlinal du Coc Xo, comme sur les Schistes du Song Hiem et sur les terrains de la Fenêtre de Yen Lac, reposent des lambeaux ouraliens. L'un d'eux, le Kim Hi, s'appuie à la fois sur les Schistes du Song Hiem et sur les terrains du Coc Xo, découpés de leur manteau de Schistes ; les autres lambeaux, plus petits, reposent directement sur tous les termes du Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac.

Cette disposition tectonique est à rapprocher de la précédente (contact des Schistes du Song Hiem et de leur substratum) et trouve son interprétation dans ce fait que le Kim Hi est pour nous un lambeau des Nappes. Nous pouvons déjà, anticipant sur notre étude, lui attribuer un niveau tectonique : Le Kim Hi et les lambeaux ouraliens qui l'avoisinent appartiennent à la *Lame du Col des Partisans*.

Ainsi l'étude des Fenêtres, et plus particulièrement de celles du Coc Xo et de Yen Lac, nous montre l'existence de deux discordances tectoniques successives qui trouvent leur origine dans le fait que les Schistes du Song Hiem, formant entre les terrains autochtones et les Nappes du Song Gam une *lame intermédiaire*, ont été étirés en divers points, de sorte que chacun des deux éléments tectoniques envisagés ci-dessus repose indifféremment sur tous les terrains du substratum.

Le Dôme du Nui Tong Tinh nous montre un Massif qui lui est excentrique, le Massif du Pia Oac, correspondant à un batholithe récent de granulites dont la montée est postérieure aux terrains encaissants et à leur mise en place. Cette granulite, d'un type pétrographique différent de celui des granites que nous avons signalés dans le Dôme de Ngan Son, ont aussi une position différente.

CHAPITRE IV

LES SCHISTES DU SONG HIEM ET LES NAPPES DU NORD-EST DU TONKIN

Nous avons vu à diverses reprises les terrains autochtones s'enfoncer sous des masses de Schistes charriés que j'ai désignés sous le nom de Schistes du Song Hiem. Ces Schistes, supportent un ensemble, appartenant à des nappes d'origine plus interne, que j'ai appelées « Nappes du Song Gam ». (Voir le Schéma de la Pl. XXV).

J'ai indiqué dans mon introduction tectonique, que le pays compris entre le Massif du Haut Song Chay et les Massifs externes était divisé, par une zone anticlinale à laquelle j'ai donné le nom d'Arc du Coc Xo (y compris les affleurements de la vallée du Song Niao), en deux grandes régions synclinales : celle de l'Ouest, ou Synclinal de Lang Ca Phu, est occupée par les Nappes du Song Gam ; la région synclinale de l'Est, divisée par des plis secondaires, est remplie en majeure partie par les Schistes du Song Hiem, et a conservé au Nord un lambeau important des Nappes du Song Gam, le lambeau du Binh Lang, admettant lui aussi des plis secondaires ; enfin un troisième petit lambeau, le Kim Hi, repose sur le flanc nord-est de l'Anticlinal du Coc Xo et sur les Schistes du Song Hiem.

Nous ne reviendrons pas sur le lambeau du Kim Hi que nous avons étudié avec l'Anticlinal du Coc Xo et la Fenêtre de Yen Lac.

Nous allons nous occuper d'abord des Nappes du Song Gam dans le Synclinal de Lang Ca Phu.

Le Synclinal de Lang Ca Phu est, comme nous l'avons dit, un Synclinal à axe courbe (Schéma Planche XXV), à convexité tournée vers le Nord-Est, du moins dans les régions que nous étudions.

La branche la plus méridionale de ce Synclinal, de direction nord-ouest — sud-est, puis nord-sud, est comprise entre le Massif du Haut Song Chay et le Massif cristallin du Centre du Tonkin à l'Ouest, et l'Arc du Coc Xo à l'Est.

La branche septentrionale, à peu près est-ouest, est comprise entre le Massif du Haut Song Chay et la Zone autochtone primaire du Dong Quan.

Les Nappes du Song Gam forment un ensemble tectonique complexe ou chacun, ou presque, des éléments repose par contact anormal sur l'élément sous-jacent.

Nous allons d'abord étudier une coupe fondamentale qui va nous permettre de définir les principaux éléments tectoniques superposés.

Cette coupe, passant par le sommet du Pia Ya, s'amorce dans la vallée du Song Nang à Pou Mo, à quelques kilomètres au Nord-Ouest du Dôme dit du Nui Tong Tinh, situé, comme nous le savons, à l'Ouest du Pia Oac (coupe IV, Pl. XXVI).

Le petit chemin qui, partant de Pou Mo, mène vers le Pia Ya, traverse d'abord une série de schistes très froissés, avec nombreuses intercalations de roches très écaillées, riches en quartz, (rhyolithes ou grès), de porphyrites laminées, de quartzites et

de quelques calcaires devenus schistoïdes ; c'est le complexe habituel des Schistes du Song Hiem. L'ensemble pend nettement vers le Sud-Ouest.

Aux environs du village de Ban Pien se trouve une lame très étirée de calcaires noirs dolomitiques, auxquels nous donnerons provisoirement le nom de « Calcaires moyens » d'après leur position tectonique.

Les « Calcaires moyens » reposent sur les Schistes du Song Hiem et supportent eux-mêmes un ensemble assez épais de schistes chargés en quartz, toujours écrasés, et tout à fait analogues à ceux de la lame inférieure des Schistes du Song Hiem. On suit les schistes supérieurs aux Calcaires moyens jusqu'à Pac La. Nous donnerons à ces schistes le nom, quitte à le justifier plus tard, de Lame supérieure des Schistes du Song Hiem.

A Pac La commence une épaisse série de calcaires pendant à peine vers le Sud-Ouest, peu métamorphiques, mais très écrasés. On voit à la base une mince assise de calcaires à phtanites en bancs peu épais. Il y a là des calcaires en bancs minces extraordinairement laminés et tordus qui nous rappellent les Calcaires de la Série de Ha Lang.

Au dessus de ces calcaires en bancs minces se trouvent les calcaires très massifs qui forment l'énorme entablement visible de partout et que domine le pic aigu du Pia Ya. Je montrerai que ces calcaires sont tectoniquement les mêmes que ceux du col des Partisans dans lesquels M. DEPRAT [8] a trouvé des Fusulinidés. Je donne à l'ensemble des calcaires massifs ouralo-permiens et des calcaires à phtanites qui les supportent le nom de Lame du Col des Partisans ; la petite vallée du village de Pia Ya est creusée dans ces calcaires qui disparaissent à l'Ouest sous le pic même du Pia Ya, énorme lambeau d'un granite porphyroïde à mica noir visiblement laminé. Entre les granites et les calcaires massifs existe une mince bande de terrains très métamorphiques, qui comprend des cipolins, des gneiss et des micaschistes, le tout très écrasé.

Le Pia Ya présente vers l'Est une falaise abrupte de près de mille mètres. Vers l'Ouest la pente est plus adoucie.

Au col situé à l'Ouest du Pia Ya se trouvent des gneiss et micaschistes sur lesquels reposent des calcaires entièrement marmorisés. Ces calcaires forment un synclinal allongé que l'on voit nettement se terminer au Nord-Ouest du Pia Ya (Voir Photographie E, Pl. IX), le Synclinal de Pi Than.

Nous sommes ici dans l'axe du Synclinal de Lang Ca Phu, dans lequel le Synclinal de Pi Than est emboîté.

A partir du Synclinal de Pi Than, en allant vers l'Ouest et jusqu'à Ha Giang, tous les terrains rencontrés pendent régulièrement vers l'Est ou le Nord-Est.

Ce sont d'abord des gneiss amphiboliques avec cipolins et quelques granites écrasés équivalant à ceux du col ouest du Pia Ya, avec lesquels ils sont en continuité par le Nord.

En dessous, vient une énorme série métamorphique composée surtout de calcaires marmorisés (Calcaires de Lang Ca Phu) avec intercalations de schistes sériciteux et de micaschistes. Ces derniers terrains sont les mêmes que ceux nous avons rencontrés, très étirés, en dessous du granite du Pia Ya. Ils reposent sur des schistes sériciteux peu épais que le chemin de Pou Mo à Bac Me atteint en arrivant au Song Gam.

Vers le Sud-Ouest cet ensemble repose lui-même sur des calcaires assez massifs, en partie à l'état de brèches à ciment de calcite, que la rivière coupe un peu à l'Est de Bac Me.

Ces brèches nous rappellent les brèches que nous connaissons un peu partout à la base de l'Ouralien décollé. L'ensemble des calcaires et de leurs brèches occupent la même position tectonique, à l'Ouest du Synclinal de Lang Ca Phu, que l'entablement calcaire dont nous avons parlé à l'Est de ce Synclinal. C'est toujours la *Lame du Col des Partisans*.

Au-dessous de ces calcaires viennent des schistes contenant des roches métamorphiques écrasées et des microgranites ; le poste de Bac Me est construit sur ces schistes, les Schistes de Bac Me, équivalant à la *Lame supérieure des Schistes du Song Hiem* de l'Est du Pia Ya. Continuant notre coupe vers l'Ouest, nous trouvons sous ces Schistes un ensemble qui occupe une immense région s'étendant jusqu'à la *Rivière Claire* ; cet ensemble comprend, de haut en bas, les termes suivants :

- 1° — Calcaires massifs généralement noirs.
- 2° — Calcaires noirs très laminés avec liserés de schistes.
- 3° — Schistes plus ou moins sériciteux, parfois francs, contenant des roches laminées très écrasées, gneiss, micaschistes, porphyrites, microgranites, etc...

Il est impossible de séparer les calcaires massifs des calcaires laminés qui semblent les uns et les autres faire partie de la même formation, les *Calcaires de Ha Giang*. L'ensemble représente ici ce que nous avons appelé les « Calcaires moyens » à l'Est du Synclinal de Lang Ca Phu.

Les schistes de la base nous rappellent de très près les schistes des environs de Pou Mo dont ils ne diffèrent que par l'abondance des débris de gneiss laminés et l'interposition fréquente de lames plus ou moins épaisses de calcaires.

Cette formation, qui occupe en particulier la vallée de la *Rivière Claire* au Sud de Ha Giang, est en réalité un ensemble hétérogène avec lames de calcaires étirés.

Ils correspondent pour moi, comme les Schistes du Song Hiem à l'Est, à une zone intermédiaire entre les massifs autochtones et les nappes supérieures. Mais ils sont plus complexes que les Schistes du Song Hiem, ces derniers me paraissant entrer, pour une partie seulement, dans la série des Schistes de la *Rivière Claire*.

Ces Schistes de la *Rivière Claire* reposent sur un ensemble, extrêmement écrasé, de calcaires et de schistes qui forment vraisemblablement le revêtement décollé du Massif de gneiss et de granites du Haut Song Chay.

Nous arrivons enfin, avec ces granites et gneiss appartenant au substratum autochtone, au dernier élément de notre coupe.

Nous allons présenter ci-dessous, sous forme de tableau, les éléments de notre coupe, de haut en bas.

Ouest	Est
Calcaires du Synclinal de Pi Than.	
Granites, gneiss amphiboliques et cipolins.	Gneiss de l'Ouest du Pia Ya. Granites du Pia Ya.
Contact anormal	

Calcaires de Lang Ca Phu. Schistes sériciteux, gneiss et syénites éololithiques.		Terrains métamorphiques de la base du Pia Ya.
	Contact anormal	
Calcaires avec brèches de l'Est de Bac Me.		Entablement calcaire du Pia Ya.
	Contact anormal	
Schistes de Bac Me.		Lame Supérieure des Schistes du Song Hiem.
	Contact anormal	
Calcaires de Ha Giang.		Calcaires moyens.
	Contact anormal	
Schistes de la Rivière Claire.		Schistes du Song Hiem (à Pou Mo).
	Contact anormal	
Massif du Haut Song Chay et sa couverture.		Anticlinal du Song Niao (pro- longement au Nord de l'Arc du Coc Xo).

Que savons-nous sur l'âge des éléments de notre coupe ?

La couverture du Massif du Haut Song Chay n'a fourni aucun fossile ; en revanche j'ai recueilli dans l'Anticlinal du Song Niao quelques polypiers dévoniens.

J'ai attribué les Schistes du Song Hiem au Secondaire (Voir stratigraphie). Mais les Schistes de la Rivière Claire sont plus complexes et contiennent, en plus des Schistes du Song Hiem, d'autres éléments.

Les « Calcaires moyens » m'ont fourni, au Nord-Est de Bao Lac, près de Nam Quet, des polypiers dévoniens ; et, au Sud de Nam Linh, sur la bordure ouest du Binh Lang, j'ai recueilli dans des schistes subordonnés à ces calcaires, *Spirifer* cf. *Cabedanus*. Ces calcaires et les schistes qui les accompagnent appartiennent donc au Dévonien moyen. J'attribue également au Dévonien, sans preuve paléontologique, les Calcaires de Ha Giang qui ont la même position tectonique ; ces Calcaires ont, de plus, le même faciès lithologique que les calcaires dévoniens rencontrés dans les régions voisines.

L'entablement calcaire du Pia Ya est mixte. Sa base nous rappelle les Calcaires à phanites de Ha Lang (Givétien), mais n'a point jusqu'ici fourni de fossiles. En revanche la partie supérieure se met en continuité avec les calcaires du Col des Partisans dans lesquels M. DEPRAT a signalé des Fusulinidés [8]. Les calcaires de l'Est de Bac Me n'ont pas fourni de fossiles, mais ils ont la même position et le même aspect que les calcaires de l'entablement du Pia Ya.

Enfin, ni les calcaires de Lang Ca Phu, ni ceux du petit Synclinal de Pi Than, ne peuvent être datés d'après l'argument paléontologique, bien que ces derniers appartiennent à une lame tectonique dont la base a fourni, près de Quan Ba, des Lingulelles et un fossile rapporté à *Acrothele Matthewi Eryx* WALCOTT [DEPRAT et MANSUY] ; d'abord l'état des fossiles rend leur attribution très douteuse ; ensuite, même si du Cambrien certain existait au Blockhaus de Quan Ba, il ne serait pas possible d'étendre cette attribution d'âge à toute la lame dont les calcaires du Synclinal de Pi Than font

partie, les calcaires de Quan Ba pouvant être un lambeau de poussée à la base de la lame.

L'aspect lithologique des Calcaires de Lang Ca Phu et du Synclinal de Pi Than est identique à celui des calcaires dévonien de Ngan Son et du Coc Xo. S'il est impossible d'attribuer avec certitude ces calcaires au Devonien, il est toutefois très probable qu'ils sont antérieurs au Permo-Carbonifère ; ils ne ressemblent en effet en rien aux calcaires du Permo-Carbonifère que nous connaissons dans les régions voisines.

Nous venons de voir une série composée d'éléments stratigraphiques et tectoniques que nous avons définis. De ces éléments, les uns appartiennent au substratum autochtone, les autres à des Nappes, d'autres enfin à une *série intermédiaire*. Nous allons, avant toute description, répartir par ensemble nos éléments.

Aucune difficulté ne se présente pour les terrains autochtones dont font partie l'Anticlinal du Song Niao et le Massif du Haut Song Chay avec, peut-être, sa couverture.

De même, les Schistes du Song Hiem, qui se raccordent probablement comme nous l'avons vu précédemment, avec des formations du Secondaire simplement décollées sur leur substratum, peuvent être considérés comme une *série intermédiaire* entre les terrains autochtones et les Nappes proprement dites.

Ces Nappes elles-mêmes sont composées d'éléments assez nombreux. Faut-il considérer une Nappe unique, formée d'éléments identiques se répétant, ou y a-t-il plusieurs Nappes individualisées ?

La succession tectonique de la coupe détaillée ci-dessus des Nappes du Song Gam correspond pour moi à deux nappes distinctes ayant une origine différente ; ces nappes sont, de bas en haut :

1° — La Nappe inférieure du Song Gam, caractérisée par la superposition de terrains primaires aux Schistes du Song Hiem, schistes probablement secondaires.

2° — La Nappe supérieure du Song Gam caractérisée par la superposition, à la précédente, de terrains débutant par des granites et des gneiss.

La Nappe inférieure du Song Gam est divisée en deux lames séparées par une *lame* de Schistes que nous avons décrite dans notre coupe sous les noms de *Lame de Bac Me* ou de *Lame supérieure des Schistes du Song Hiem*. Nous avons vu que la *Lame calcaire* de la base de cette Nappe inférieure, *Lame dite des « Calcaires moyens »* ou des « Calcaires de Ha Giang » est dévonienne. Nous désignerons sous le nom de *Lame de Ha Giang*, l'ensemble des Calcaires moyens et des Calcaires de Ha Giang.

La *Lame supérieure*, qui comprend l'entablement du Pia Ya et les calcaires qui lui correspondent sur le flanc ouest du Synclinal de Lang Ca Phu, sera désignée sous le nom de *Lame du Col des Partisans*.

Je diviserai également la Nappe supérieure du Song Gam en deux lames de composition identique qui sont de haut en bas :

1° — La *Lame du Pia Ya* comprenant le granite du Pia Ya, les gneiss que ce granite supporte, et les calcaires du Synclinal de Pi Than qui occupent le niveau le plus élevé de notre coupe.

2° — *La Lame de Lang Ca Phu*, représentée sur notre coupe, seulement par les Calcaires de Lang Ca Phu à l'Ouest du Pia Ya, et à l'Est par les calcaires étirés entre le granite du Pia Ya et la Lame du Col des Partisans. Mais plus au Sud, sur le flanc ouest du Synclinal de Lang Ca Phu, nous verrons qu'une épaisse série de syénites et gneiss écrasés s'interposent entre la Lame du Col des Partisans et les Calcaires de Lang Ca Phu. C'est cette série, particulièrement bien représentée aux environs de Pia Ma, qui justifie notre attribution à une « Nappe supérieure du Song Gam » de tous les terrains qui reposent sur la Lame du Col des Partisans.

Plus au Sud, la Nappe inférieure du Song Gam, les Schistes intermédiaires, et des éléments arrachés au soubassement autochtone, écrasés ensemble, et se répétant en écailles imbriquées, forment un ensemble complexe, la Zone du Bas Song Gam.

Je crois utile de résumer dans un tableau les éléments des Nappes du Song Gam, énumérés de haut en bas, en indiquant les épaisseurs maxima approximatives ; (il est utile de faire remarquer que l'épaisseur de l'ensemble suivant une même coupe est, par suite des étirements, de beaucoup inférieure à la somme des épaisseurs des éléments).

Nappes du Song Gam.	Nappe supé- rieure du Song Gam.	Lame du Pia Ya.	Calcaires du Synclinal de Pi Than	200 m.
			Gneiss et micaschistes . .	1000
			Granite du Pia Ya. . . .	1200
	Nappe infé- rieure du Song Gam.	Lame de Lang Ca Phu.	Calcaires de Lang Ca Phu.	1500
			Schistes et micaschistes .	300
			Syénites et gneiss du Pia Ma	1500
Schiste du Song Hiem. (Série inter- médiaire).	Lame supérieure (Lame de Bac Me) en plusieurs plis ou écailles.	Lame du Col des Partisans		1500
			Lame de Ha Giang (Calcaires moyens).	1200
			Lame inférieure en plusieurs plis ou écailles.	4000

Nous allons suivre, dans notre étude des terrains charriés du Nord-Est du Tonkin, l'ordre suivant :

1. Les Nappes dans le Synclinal de Lang Ca Phu, entre le Massif du Haut Song Chay et l'Arc du Coc Xo et leur prolongement vers le Sud.
2. Les vallées du Song Niao et du Song Nhiem et les Schistes du Song Hiem.
3. Le Massif du Binh Lang.

1. — LES NAPPES DANS LE SYNCLINAL DE LANG CA PHU ENTRE LE MASSIF DU HAUT SONG CHAY ET L'ARC DU COC XO.

Nous avons énuméré ci-dessus les éléments tectoniques superposés dont l'ensemble forme les Nappes du Song Gam dans le Synclinal de Lang Ca Phu. Ces divers

éléments couvrent, dans la région que nous avons étudiée, comme on peut le voir sur le schéma de la Planche XXV, des surfaces très inégales.

Tandis que la Lame du Col des Partisans et la Nappe supérieure du Song Gam occupent, sur une largeur à peu près constante, la région axiale du Synclinal de Lang Ca Phu, la Lame de Ha Giang au contraire s'étale largement au Sud-Ouest, où elle vient se fondre dans la Zone du Bas Song Gam.

Nous examinerons cette Lame de Ha Giang entre le Synclinal de Lang Ca Phu et le Massif du Haut Song Chay ainsi que les éléments tectoniques sur lesquels elle repose, après avoir décrit la région axiale du Synclinal de Lang Ca Phu en groupant la Nappe Supérieure du Song Gam et la Lame du Col des Partisans,

Je n'ai étudié de ce Synclinal à axe courbe que la partie de la branche à peu près est-ouest qui va du Song Gam à la Région de Quan Ba, et, de l'ensemble de la branche nord-ouest — sud-est, que la partie comprise entre le Song Gam et la région des lacs Ba Be.

L'axe du Synclinal correspond à des montagnes particulièrement élevées ; le Phia Bioc (1525^m), le Pia Ya (1980), le Fou Tha Kha (2274) ; mais cette ligne de crête (comme nous l'avons vu dans la partie géographique de cet ouvrage) ne sert point de ligne de partage des eaux ; elle est traversée par quatre rivières très importantes, le Song Mien, le Song Gam et le Song Nang, et plus au Sud le Song Cau.

Nous commencerons notre étude par la Lame de Lang Ca Phu qui constitue l'élément tectonique le plus continu des Nappes du Song Gam.

Nous verrons ensuite la Lame du Col des Partisans qui forme le *fond de bateau* de la région axiale du Synclinal de Lang Ca Phu et supporte, comme nous l'avons vu, la Lame de Lang Ca Phu. Nous n'aurons plus alors à décrire dans cette région axiale que la Lame du Pia Ya.

Nous laisserons provisoirement de côté la Lame de Ha Giang à l'Est du Synclinal de Lang Ca Phu (Calcaires moyens) qu'il nous sera plus commode d'examiner avec les éléments de la vallée du Song Niao.

Notre étude des Nappes du Song Gam entre le Massif du Haut Song Chay et l'Arc du Coc Xo prolongé par l'Anticlinal du Song Niao et le Dong Quan sera donc présentée dans l'ordre suivant :

- a. — La Lame de Lang Ca Phu.
- b. — La Lame du Col des Partisans.
- c. — La Lame du Pia Ya.
- d. — La Lame de Ha Giang entre le Massif du Haut Song Chay et le Synclinal de Lang Ca Phu, et les Schistes de la Rivière Claire.
- e. — La Zone du Bas Song Gam.

a. — La Lame de Lang Ca Phu.

Dans la région même de Lang Ca Phu, coupe III, Pl. XXVI, c'est un ensemble de calcaires parfois pyriteux, souvent chargés en silice, et de bancs de schistes plus ou moins métamorphisés ; ces bancs sont très étirés. A la base de la Lame, les calcaires et schistes se présentent en minces lits très écrasés. A différents niveaux de la Lame de

Lang Ca Phu, les calcaires forment des massifs importants. Nous signalerons celui, presque horizontal, dans lequel sont creusées les gorges de Na Pang (Photographie B, Pl. V) (1).

L'ensemble des terrains de la Lane de Lang Ca Phu présente fréquemment des traces d'un métamorphisme régional intense qui a modifié plus particulièrement les schistes. Les calcaires sont souvent marmorisés.

Suivant la coupe du Song Gam, coupe qui passe par Lang Ca Phu, le métamorphisme, assez intense aux environs de Lang Ca Phu, est presque nul dans l'axe même du synclinal où l'on trouve des calcaires extrêmement laminés, graphiteux, mais nullement métamorphisés, précisément en un point où ils sont très voisins des gneiss. Cet ensemble a le même faciès que le Dévonien de Ngan Son au voisinage du Phan Ngame.

Nous allons suivre la Lane de Lang Ca Phu d'abord vers le Nord-Ouest, à partir de cette localité. Les calcaires de la Lane de Lang Ca Phu se poursuivent vers l'Ouest-Nord-Ouest avec une extension considérable et des pendages réguliers toujours très faibles. Ils occupent une contrée très élevée, à vallées d'érosion profondes, contrée peu habitée, très boisée et difficilement accessible (2).

Sur toute la feuille de Bao Lac ils gardent, à l'Ouest-Nord-Ouest de Lang Ca Phu, les mêmes caractères, avec un métamorphisme décroissant vers l'Ouest au delà de Muong Cha (coupe II). Ce métamorphisme devient presque nul dans la partie nord-ouest du Synclinal, comprise dans les feuilles de Ha Giang et de Ma Li Po. Suivant la coupe de Yen Minh à Ha Giang par Quan Ba (coupe I) on trouve encore, sur les rives du Song Mien, des calcaires qui sont la continuation de ceux de Lang Ca Phu. Mais il existe ici au-dessus une formation dolomitique, occupant les plateaux de Quan Ba et de Lang Dan, formation qui paraît appartenir à la même série stratigraphique que les Calcaires de Lang Ca Phu. M. JAGOB et moi [21] avons ramassé dans ces dolomies des hydrozoaires mal conservés rappelant des Stromatoporidés. M. DEPRAT avait antérieurement porté sur sa carte [57] des gisements fossilifères dans ces mêmes dolomies.

Les « Calcaires de Lang Ca Phu », dans la branche du Synclinal de Lang Ca Phu située à l'Ouest de cette localité, reposent sur des schistes très sériciteux, très froissés et écrasés, avec débris de micaschistes. Il nous est impossible de fixer l'âge de ces schistes. Il semble probable qu'ils appartiennent à la même série stratigraphique que les calcaires.

Ces schistes sont continus et bien développés au Sud de la branche considérée du Synclinal de Lang Ca Phu, où ils reposent, tantôt sur les calcaires de la Lane des Partisans, tantôt sur les schistes inférieurs à cette lane. La coupe du Song Gam les montre à nouveau sur le flanc nord-est du Synclinal où ils forment, entre les calcaires de la Lane de Lang Ca Phu et les calcaires de la Lane du col des Partisans, un paquet peu étendu. En continuant vers l'Ouest ils sont bien visibles sur le chemin

(1) Les Calcaires de Lang Ca Phu contiennent des filons qui ont fait autrefois l'objet d'exploitations chinoises. On peut voir des galeries à Bo Vat (3 kilomètres au Sud de Lang Ca Phu) actuellement inaccessibles. On trouve dans les filons de la pyrite, chalcopyrite, blende et galène.

(2) Il existe dans cette région un affleurement d'ophite labradorique avec zéolithes, suivant à peu près le ruisseau de Sac Na, au Nord-Ouest de Lang Ca Phu. C'est une belle roche très fraîche et nullement écrasée, par conséquent postérieure aux charriages.

de Muong Cha à Duong Thuong (coupe 11) où ils séparent les calcaires ouraliens de Duong Thuong des calcaires de la lame de Lang Ca Phu. Plus à l'Ouest encore, les calcaires de la lame de Lang Ca Phu, supportant les dolomies de Quan Ba, reposent directement sur les calcaires ouralo-permiens du Col des Partisans (coupe 1).

Si nous suivons maintenant la branche du Synclinal située au Sud-Est de Lang Ca Phu, nous verrons les « Calcaires de la lame de Lang Ca Phu » très métamorphiques, changer de faciès.

L'ensemble s'étale et devient presque horizontal. Il comprend de moins en moins de calcaires, et ces derniers n'existent bientôt plus, dans la région de Cho Ra (coupe VII) qu'en bancs minces et discontinus, disséminés dans un ensemble formé surtout de schistes sériciteux et de micaschistes, le tout extrêmement laminé. En même temps, un élément nouveau s'interpose à l'Ouest entre les schistes inférieurs de la lame de Lang Ca Phu et les calcaires du Col des Partisans. C'est une série très écrasée de schistes cristallins comprenant aussi des roches sodiques (des syénites éleolithiques avec aegyrine, amphibole sodique et zircon) et des amphibolites, fournissant les matériaux des massifs importants du Nui Kheo Kham (1060 m.) et du Pia Ma (1122 m.) (coupes V et VI).

Ces terrains cristallins se poursuivent loin vers le Sud et dépassent le Song Nang (coupe VII) où nous les retrouverons ci-dessous, pendant toujours très régulièrement vers l'Est et l'Est-Nord-Est. Ils sont très étirés à l'Est du Synclinal, mais cependant représentés, et dans la région au Sud-Ouest de Pac Nam, la base des « Calcaires de Lang Ca Phu » contient de nombreux débris de gneiss très écrasés. Des roches sodiques existent également à l'Ouest de Pac Nam.

Les schistes qui supportent les « Calcaires de la lame de Lang Ca Phu » sont souvent étirés dans la branche sud du Synclinal.

A l'Est de cette branche, notamment, ils disparaissent un peu au Sud du paquet que nous avons signalé sur le Song Gam pour ne reparaitre qu'à l'Est du Phia Bioc. Dans tout l'intervalle, la lame de Lang Ca Phu repose directement, soit sur l'entablement calcaire qui sert de soubassement au Pia Ya, entablement qui n'est comme nous l'avons dit, que la continuation vers le Sud-Est des calcaires ouralo-permiens du Col des Partisans, soit même sur les Schistes inférieurs à cet entablement, au Sud du ruisseau de Pac Nam.

A l'Ouest du synclinal, ces schistes semblent également s'étirer vers le Sud, et dans la région de Bang Pit, (coupe VI) les « Calcaires de la lame de Lang Ca Phu » reposent directement sur les gneiss. Mais il est possible que dans cette région on soit en présence, non de la suppression des schistes, mais de leur transformation complète en gneiss.

Nous allons continuer vers le Sud l'étude de la lame de Lang Ca Phu dans le Synclinal de même nom.

Suivant une coupe passant par les lacs Ba Be (coupe VII) cette lame nous montre, sur le flanc ouest du Synclinal, les mêmes roches sodiques qu'au Pia Ma, avec bancs de cipolins. Sur le flanc est, la lame de Lang Ca Phu est représentée par la formation métamorphique de la région de Cho Ra, dans laquelle les calcaires très marmorisés prennent moins d'importance que dans le Nord.

Plus au Sud, les calcaires disparaissent presque complètement et ne sont plus représentés que par de rares bancs peu épais, de cipolins, toujours très laminés. La Lambe de Lang Ca Phu est elle-même très amincie entre le Lambeau des lacs Ba Be et du Phia Bioc appartenant à la Lambe du Pia Ya et les terrains qui la supportent, soit les Schistes du Song Hiem à l'Est, les terrains de la Zone du Bas Song Gam à l'Ouest.

Cette Lambe de Lang Ca Phu n'affleure plus que suivant une mince bande, formée de micaschistes, sous les granites du Phia Bioc, à l'Est du Synclinal. On peut la reconnaître en s'écartant vers l'Ouest de la route de Bac Kan à Cho Ra et l'on trouve suivant toutes les coupes, avec un plongement très net et très régulier vers l'Ouest, successivement de bas en haut, les Schistes du Song Hiem écrasés mais non métamorphiques, les micaschistes de la Lambe de Lang Ca Phu et les granites de la Lambe du Pia Ya qui occupent la crête du Phia Bioc.

A l'Ouest du Synclinal, la Lambe de Lang Ca Phu semble avoir complètement disparu, étirée entre les terrains cristallins de la Lambe du Pia Ya et les terrains de la Zone du Bas Song Gam.

Si nous poursuivons encore vers le Sud, nous pourrions voir, par suite de l'érosion et d'un surélévement de l'axe du Synclinal, les terrains cristallins appartenant à la Lambe de Lang Ca Phu, affleurer largement suivant une coupe de Bac Kan à Chiem Hoa (coupe VIII — Sud de la Feuille de Bac Kan).

Ici encore la position de la Lambe est très nette. A l'Ouest de Bac Kan on peut voir les terrains cristallins de la Lambe de Lang Ca Phu plongeant vers l'Ouest reposer sur les Schistes du Song Hiem écrasés, Schistes sur lesquels est construit le Centre de Bac Kan. C'est très nettement aussi que, à l'Est de Na Bua, les mêmes terrains cristallins reposent sur une épaisse lambe calcaire appartenant à la Zone du Bas Song Gam, avec un plongement est. Ici un affleurement de roches sodiques voisines de celles du Pia Ma jalonne encore la base de la Lambe de Lang Ca Phu.

Suivant la coupe Bac Kan — Chiem Hoa nous sommes très près de la terminaison vers le Sud de la Lambe du Pia Ya. Je n'ai malheureusement pu délimiter d'une façon suffisamment précise cette terminaison. Mais une coupe (coupe IX) relevée à 25 kilomètres au Sud de la coupe VIII précédente ne rencontre plus la Lambe de Lang Ca Phu. Cette coupe IX nous montre les terrains de la Zone du Bas Song Gam reposant sur un substratum cristallin autochtone avec interposition de débris étirés et discontinus des Schistes du Song Hiem. C'est donc au Nord de Cho Chu et au Sud-Ouest de Bac Kan que vient se terminer la Lambe de Lang Ca Phu. Un relevé suffisamment précis de la limite sera d'ailleurs extrêmement difficile à établir, car il semble que les micaschistes de la Lambe de Lang Ca Phu viennent, dans cette région, reposer directement sur des terrains autochtones comprenant du granite à la base, et, au-dessus, des micaschistes peu différents de ceux de la Lambe; on se trouve de plus dans une région de mamelons bas, profondément érodée et extrêmement boisée, sans affleurements visibles.

Il est possible qu'un très petit lambeau de la Lambe de Lang Ca Phu existe un peu au Sud de la Zone de mes études, dans la région du Tam Dao, du côté de Kim Quang Thuong (Voir feuille de Tuyen Quang au 1/100.000^e). En effet M. DEPRAT (1) signale

(1) DEPRAT. Sur les formations éruptives et métamorphiques au Tonkin et sur la fréquence des types de laminage. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 15 Novembre 1909.

des syénites éololithiques rapportées par les Officiers topographes de la feuille de Tuyen Quang; ces syénites proviennent des environs de Kim Quang Thuong; dans cette région les terrains de la Zone du Bas Song Gam, qui pendent vers le Sud-Est un peu au Nord-Ouest de cette localité, suivant le chemin de Cho Chu à Tuyen Quang, se redressent avec un pendage nord-ouest pour venir s'appuyer sur la Brèche rhétienne des hauts sommets de Ban La, formant ainsi un petit synclinal.

La *Lame de Lang Ca Phu*, comprenant de bas en haut gneiss, micaschistes, schistes métamorphiques et complexe calcareo-schisteux, semble appartenir à une même série verticale stratigraphique; comme nous l'avons dit dans la partie stratigraphique de cet ouvrage, nous attribuons avec réserve cette série, ou du moins sa partie supérieure, au Dévonien (1).

b. — *La Lame du Col des Partisans.*

Nous avons vu que la *Lame de Lang ca Phu* repose sur une lame de calcaires ouraliens massifs, la *Lame du Col des Partisans*. Ces calcaires ouraliens sont discontinus, et la lame en est jalonnée par des paquets successifs plus ou moins importants. Nous allons suivre ces paquets d'abord sur le flanc nord-est du Synclinal de Lang Ca Phu.

Au Nord-Ouest du Synclinal, ces calcaires forment au Col des Partisans une masse considérable (coupe 1). Ils sont souvent à l'état de mylonite et reposent sur les Schistes du Song Hiem (Schistes du Song Mien de M. DEPRAT). On peut les suivre assez loin vers l'Est où ils forment le Massif de la Couronne. Aux environs de Duong Thuong (coupe II) ils sont très laminés tant à leur partie supérieure qu'à leur base, et admettent des masses considérables de brèche à ciment de calcite, avec débris de schistes (Voir Photographie C, Pl. X).

Le Massif de la Couronne s'étire vers l'Est et les schistes inférieurs de la *Lame de Lang Ca Phu* reposent directement sur les Schistes du Song Hiem.

Les calcaires du Col des Partisans reparaissent avant d'arriver au Song Gam (coupe III) et constituent là une masse extrêmement disloquée, dans laquelle est creusé l'un des canyons du Song Gam; ces mêmes calcaires forment plus au Sud l'entablement presque horizontal sur lequel repose le Pia Ya.

Au droit du Pia Ya ces calcaires sont séparés des Schistes du Song Hiem par une mince bande de calcaires à phanites identiques aux Calcaires de Ha Lang. Nous retombons ici sur notre coupe fondamentale (coupe IV).

Les calcaires du soubassement du Pia Ya se continuent vers le Sud et s'étirent aux environs du ruisseau de Pac Nam (coupe VI). Plus au Sud encore on ne les retrouve plus qu'à l'état de témoins peu importants et très étirés comme celui qu'on rencontre (coupe VII) sur le chemin de Cho Ra. Les pendages, assez accentués vers l'Ouest, sont très nets. Sur toute la bordure nord et est du Synclinal, ces calcaires sont peu ou pas marmorisés.

(1) La Série de Cho Ra, continuation au Sud des Calcaires de Lang Ca Phu, a été attribuée au Dévonien par M. LANTENOIS.

Les calcaires de la *Lame du Col des Partisans* se retrouvent sur le flanc sud-ouest du Synclinal, mais avec une importance beaucoup moins grande.

Laissant provisoirement de côté la région du Song Pac Xum, au Nord-Ouest du Synclinal de Lang Ca Phu, région sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure, nous allons prendre les calcaires de la *Lame du Col des Partisans* dans la région de Bac Me, où ces Calcaires forment une lame assez réduite qui domine au Nord la route de Ha Giang à Bac Me. La coupe du Song Gam, (coupe III) sur laquelle nous les avons déjà vus, les montre très étirés au sommet, et débutant à la base par une brèche à ciment de calcite. Ils reposent sur des schistes sans caractères spéciaux, avec intercalations de schistes sériciteux et débris divers très laminés, micaschistes, microgranites, etc....

Ces calcaires sans traces bien marquées de métamorphisme se prolongent faiblement vers le Sud et forment une masse assez importante au sommet du Pa Ou (coupe IV), avec falaise regardant vers le Sud-Ouest. Les plongements vers l'axe du Synclinal sont bien visibles. Les calcaires s'étirent complètement au Sud du Pa Ou, où les terrains cristallophylliens de la Nappe supérieure reposent directement sur la *Lame supérieure des Schistes du Song Hiem*.

On les voit encore au Sud de la feuille de Bao Lac, à Bang Mu, où ils forment une bande étroite de 4 ou 5 kilomètres de longueur entre les schistes très sériciteux et les micaschistes appartenant à la *Lame de Lang Ca Phu* d'une part, et les schistes non métamorphiques, mais extrêmement disloqués de la *Lame de Bac Me*, d'autre part (coupe VI).

Dans l'intervalle ces calcaires sont jalonnés, au Sud-Ouest de Ban Long, par de très minces lambeaux écrasés entre les terrains cristallins et les schistes.

On ne retrouve plus cette lame calcaire le long du flanc ouest du Synclinal de Lang Ca Phu dans les feuilles de Bac Kan et de Tuyen Quang. Mais il semble que ses débris entrent, sur ces feuilles, dans la composition des terrains qui occupent la Zone du Bas Song Gam.

Revenons maintenant au Nord-Ouest, dans la Région de Bac Me.

A l'Ouest de Bac Me, la bande des calcaires ouralo-permiens se prolonge, avec un pendage nord très net, jusqu'à la limite de la feuille de Ha Giang, où elle s'étire à nouveau.

Aux environs de Pac Xum (coupe I) on peut voir dans la rivière quelques bancs calcaires qui se mettent en continuité avec la lame de l'Ouest de Bac Me. La position tectonique de ces calcaires, entre des schistes sériciteux et des schistes avec lames écrasées de microgranites et de rhyolithes, semble confirmer l'attribution de ces calcaires à la *Lame du Col des Partisans*.

La coupe I que je présente ici, diffère notablement, quant à l'interprétation tectonique, de celle que M. JACOB et moi avons donnée précédemment [21, p. 41]. Elle se rapproche beaucoup plus de la coupe de M. DEPRAT [8, Fig. 93, p. 148]. Je discuterai ces coupes ultérieurement, après en avoir décrit tous les éléments.

c. — *La Lame du Pia Ya.*

La *Lame du Pia Ya* est formée de quatre lambeaux distincts qui reposent sur la *Lame de Lang Ca Phu* dans l'axe du Synclinal.

Nous allons étudier séparément, en allant du Nord-Ouest vers le Sud-Est, ces quatre lambeaux qui sont les lambeaux de Quan Ba, de Nam Luong, du Pia Ya et du Phia Bioc.

Le lambeau de Quan Ba, étudié par M. DEPRAT [8], puis visité par M. JACOB et moi [21] comprend, de Quan Ba vers le Sud (coupe 1).

1^o — Les calcaires du Blockhaus de Quan Ba à *Acrothele Mathewi Eryx* (Cambrien ?).

2^o — Un complexe schisto-calcaire effroyablement laminé et plissoté formant les sommets du Sud de Quan Ba.

3^o — Des schistes sériciteux.

Cet ensemble est posé sur les dolomies de Quan Ba presque horizontales. Il est logé dans un repli brusque des dolomies, légèrement déversé vers le Nord. A l'Est de Quan Ba, un tout petit anticlinal annexe fait reparaitre les dolomies.

L'ensemble du Lambeau de Quan Ba est peu métamorphisé. Les éléments en sont disloqués à tel point qu'il n'est pas possible d'y établir l'ordre stratigraphique des termes qui le composent. Il semblerait toutefois que les schistes sériciteux soient inférieurs aux autres formations.

Ce paquet se prolonge vers le Sud-Ouest avec des caractères différents. Il va se terminer un peu à l'Est du chemin de Na Cap à Muong Cha (coupe 11). Il est composé dans cette région de calcaires très laminés, à l'état de marbres. En différents points, le lambeau débute par des gneiss ou peut-être des granites laminés, dont on trouve des galets dans les ruisseaux. Je n'ai pas vu ces roches en place.

Les calcaires sont beaucoup moins plissotés et tordus qu'à Quan Ba et présentent des pendages faibles et réguliers.

Le lambeau de Nam Luong comprend exclusivement des gneiss à amphibole qui occupent, à l'Est de la route de Na Cap à Muong Cha les sommets ayant les cotes 1728 et 1776. Je n'ai pas visité ces deux montagnes, dont la partie supérieure serait en gneiss, d'après les renseignements rapportés par les officiers topographes, tandis que le profond ravin qui les sépare est creusé dans les « Calcaires de la lame de Lang Ca Phu ». Le ruisseau qui descend de ce ravin roule des gneiss à amphibole.

Le paquet du Pia Ya est beaucoup plus important (Voir coupes III, IV, et V).

C'est un synclinal assez court que traverse la coupe fondamentale que nous avons décrite.

Comme nous l'avons dit, il comprend une énorme masse de roches cristallophylliennes à amphibole et d'un beau granite porphyroïde à mica noir. Ce granite, qui forme la masse du Pia Ya, se rencontre sur le flanc est du Synclinal, entre les gneiss et les Calcaires de la lame de Lang Ca Phu, et vers le Sud. Il occupe ainsi deux affleurements, celui du Pia Ya, et un autre visible au Nord-Ouest, celui du Nui Na Len (cote 809). De plus, ces granites doivent se montrer dans la vallée de Bac Mien, car on en trouve de nombreux débris à Bac Mio dans le ruisseau.

Le pendage ouest-sud-ouest, assez faible, n'est que rarement visible dans le granite. Mais il est très net dans les gneiss, et dans les Calcaires de la lame de Lang Ca Phu sous-jacents.

Les gneiss forment une masse considérable, avec intercalation de micaschistes. Ils supportent, à l'Ouest du Pia Ya le Synclinal de calcaire laminé, complètement marmorisé, décrit dans notre coupe sous le nom de Synclinal de Pi Than ; on voit très bien, du chemin de Pia Ya à Bac Me ce Synclinal se terminer en cuillère vers le Nord. A l'Ouest de ce Synclinal, les pentes qui aboutissent au ruisseau de Ban Mien, montrent les gneiss plongeant régulièrement vers l'Est-Nord-Est.

Vers le Sud, le Synclinal de Pi Than se termine également en cuillère aux environs de la cote 1640, mais on en trouve quelques témoins isolés sur les sommets situés plus au Sud. Les gneiss se prolongent jusqu'au contact de l'affleurement de granite du Nord-Ouest du Nui Na Len que nous avons signalé ci-dessus.

Les Photographies E, Pl. IX et D, Pl. X montrent bien l'allure de ce petit Synclinal calcaire suspendu à une prodigieuse hauteur sur les flancs du Pia Ya.

La Photographie B, Pl. IV montre les granites du Pia Ya et les gneiss qu'ils supportent, entre le petit Synclinal de Pi Than et les Calcaires de Lang Ca Phu.

En somme le paquet du Pia Ya forme un Synclinal court (une vingtaine de kilomètres environ) emboîté dans le Synclinal de Lang Ca Phu.

Nous signalerons dans la Nappe supérieure du Song Gam, aux environs de Na Song (route du Pia Ya à Bac Me) un témoin peu considérable d'une curieuse brèche calcaire marmorisée, qui prolonge au Nord-Est le petit Synclinal de Pi Than.

Nous allons passer maintenant au dernier lambeau de la Lame du Pia Ya. C'est le très important lambeau des Ba Be et du Phia Bioc qui occupe une grande partie de la demi-feuille est de Bac Kan.

Ce lambeau qui comprend des massifs granitiques importants avec les cotes les plus élevées de la région (1525 m. à Hoa Son — Sud du Phia Bioc) se compose de bas en haut de granites, de gneiss, et de cipolins. Nous allons nous occuper d'abord de ces derniers. Ils sont délimités sur la carte au 1/300.000^e qui accompagne cette étude et occupent seulement une partie du Nord du lambeau où ils entourent les lacs Ba Be. Ils sont souvent pyriteux avec des grains de quartz et de la wollastonite. Au Poste des Ba Be ils contiennent des phtanites en fer à cheval (Voir Photographie C, Pl. VIII).

A l'île d'An Ma, ils sont à l'état de brèche à ciment de calcite avec débris de phtanites. Ces mêmes calcaires forment les bancs très nets dans lesquels sont creusées les grottes de Pong (Fig. III, Pl. V). Ce petit Synclinal de cipolin est traversé par le Song Nang qui forme vers l'Ouest de belles chutes au milieu des brèches à ciment de calcite.

Le Synclinal des Ba Be se termine rapidement vers le Nord ; il se prolonge vers le Sud-Est suivant une bande de cipolin dans la vallée de Cho Len. Grâce à la nature des calcaires en bancs réguliers, les pendages, d'ailleurs assez constants, sont faciles à observer.

Les contacts sont nets ; à l'Est, le long de la vallée de Cho Len, on peut voir les cipolins des Ba Be reposer sur les gneiss du Phia Bioc. Au Nord et au Sud-Ouest ils reposent directement sur les terrains de la Lame de Lang Ca Phu représentés, au Nord par la série de Chō Ra, à l'Ouest par des terrains cristallins avec roches sodiques.

La coupe VII montre les contacts à l'Est et à l'Ouest. A l'Est, entre les lacs Ba Be et Cho Ra, les granites et gneiss, qui vont prendre de l'importance vers le Sud, sont déjà très étirés. Ils ont complètement disparu, suivant la même coupe, à l'Ouest du Synclinal.

On les retrouve un peu plus au Sud, vers le village de Ban Luoc, sous les masses de cipolins. Mais ici, c'est, comme nous l'avons vu, la *Lame de Lang Ca Phu* qui est étirée, et les granites de la *Lame du Pia Ya*, et même parfois les cipolins des lacs Ba Be, reposent directement sur les terrains de la zone du Bas Song Gam.

Au Sud des cipolins des lacs Ba Be, les granites et gneiss qui supportent ces cipolins vont prendre une extension énorme, dominant largement les terrains sur lesquels ils reposent, et occupant surtout les sommets de la région. En effet, c'est à peine si on les rencontre suivant notre coupe VIII de Bac Kan à Chiem Hoa, coupe qui suit d'assez près, dans sa partie est, la Haute vallée du Song Cau.

En dehors de rares affleurements de granite appartenant à la *Lame du Pia Ya*, affleurements très réduits et très écrasés, cette partie du Song Cau coule presque exclusivement dans les terrains cristallins de la *Lame de Lang Ca Phu*. En revanche, à peu de distance au Nord de la vallée du Song Cau ces granites, parfois chargés dans cette région de fines aiguilles de tourmaline, forment les crêtes du Pou Coc Pao (1060 m.), du village de Ban Vien (1033 m.), du Nui Tam Dao (1326 m.) etc...

Il n'est pas impossible qu'il subsiste quelques paquets de ces granites au Sud de la vallée du Song Cau, sur les sommets d'ailleurs moins élevés (616 m. au Pou La Tan) qui existent entre la vallée et Cho Chu.

En tous cas ces granites ne paraissent pas atteindre notre coupe XI, de Cho Chu à Tuyen Quang, coupe suivant laquelle je ne les ai pas rencontrés, et située d'ailleurs dans des terrains tectoniquement beaucoup plus bas.

L'extension des granites du *Lambeau du Phia Bioc* est suffisamment indiquée sur la carte pour qu'il soit inutile d'insister plus longuement.

Je rappellerai seulement que les géologues n'étaient pas d'accord sur la position des granites du *Phia Bioc*, en place pour M. LANTENOIS [26], charriés pour M. DEPRAT [12].

La nature du granite, identique au granite charrié du *Pia Ya*, l'écrasement intense, avec pendages facilement observables que l'on peut voir en particulier suivant les deux coupes VII et VIII, la position du granite sur les sommets tandis que les vallées sont occupées par des schistes cristallins toujours très écrasés (et appartenant d'ailleurs à une autre *Lame*) sont des arguments probants en faveur de l'hypothèse du charriage.

d. — *La Lame de Ha Giang entre le Massif du Haut Song Chay et le Synclinal de Lang Ca Phu, et les Schistes de la Rivière Claire.*

Comme nous l'avons dit, les calcaires de la lame du Col des Partisans reposent à l'Est de Bac Me sur une série de schistes froissés, non métamorphiques dans l'ensemble, mais admettant de nombreux débris et même de minces lames de roches diverses, gneiss, micaschistes, microgranites, calcaires.

Cette série présente, au Sud de Bac Me, un pendage d'ensemble faible et régulier est-nord-est très net.

La route de Bac Me à Ha Giang suit d'assez près sa bordure jusqu'à la limite de la feuille de Ha Giang où on la quitte pour entrer dans la formation sous-jacente. Mais cette série schisteuse se continue suivant une ligne presque droite orientée nord-ouest le long des vallées du Song Mien et du Song Pac Xum. Les pendages deviennent

beaucoup plus accentués, presque verticaux. Ces terrains admettent alors des lames relativement épaisses de roches éruptives acides broyées (coupe 1) que leur état d'écrasement ne permet pas de diagnostiquer avec certitude (1).

Nous avons fait de cette Lame de Bac Me, par suite de sa position tectonique, l'équivalent des schistes qui supportent les calcaires du Col des Partisans, c'est-à-dire de notre Lame supérieure des Schistes du Song Hiem. Mais on ne trouve pas dans ces derniers les débris étirés de gneiss et de micaschistes fréquents dans la Lame de Bac Me. Nous n'avons pas non plus rencontré de roches vertes dans cette Lame de Bac Me.

Nous verrons plus loin que cette Lame de Bac Me, plus complexe que la Lame supérieure des Schistes du Song Hiem à l'Est du Synclinal de Lang Ca Phu, ne diffère pas du complexe de la Rivière Claire.

Ces schistes de la Lame de Bac Me reposent sur un ensemble couvrant une étendue immense, la Lame de Ha Giang. Cette dernière lame, en grande partie calcaire, occupe à peu près l'espace compris entre l'arc formé par les Schistes de Bac Me, et la Rivière Claire au Sud de Ha Giang. Elle se rétrécit vers le Nord entre le Nord-Est du Massif cristallin du Haut Song Chay et les Schistes de Bac Me, dans les vallées du Song Pac Xum et du Nam Meo.

Elle se prolonge vers le Sud jusqu'au delà du confluent du Song Nang et du Song Gam et s'étire entre la Lame de Bac Me et le complexe de la Rivière Claire pour former, avec ces deux derniers éléments, une partie de la Zone du Bas Song Gam.

Cette Lame de Ha Giang comprend des calcaires en bancs épais, presque toujours marmorisés, avec à la base, des calcaires extrêmement laminés en bancs très minces.

Dans l'ensemble, les calcaires sont presque horizontaux et admettent seulement de très faibles ondulations de détail.

Dans leur bordure voisine du Song Pac Xum, où ils forment le massif du Dam Cao (coupe 1), ils se replient assez brusquement pour passer sous les schistes de la Lame de Bac Me ; plus au Sud-Ouest les pendages sont faibles.

Les contacts de ces calcaires avec les schistes de la Lame de Bac Me sont moins nets que ceux des autres lames. Aux environs de Coc Nion (environs 8 kilomètres au Sud-Sud-Ouest de Bac Me) ces calcaires semblent dominer les Schistes de Bac Me (coupe iv) et plongent sud-ouest. Mais ce n'est là qu'un accident local dû à une fracture peu importante. A Na Cao, 2 kilomètres nord-est de Coc Nion, ces mêmes calcaires se montrent en lapiés dans les fonds de ravins et sont manifestement *sous* les Schistes de Bac Me. Plus au Sud les calcaires plongent franchement nord-est et passent visiblement *sous* la Lame de Bac Me.

Plus au Sud, vers Ban Sam, on voit nettement les terrains continuant vers le Sud la Lame de Bac Me reposer avec un pendage est sur les calcaires de la Lame de Ha Giang dans lesquels le Song Nang a creusé des gorges profondes.

Le long de la route de Bac Me à Ha Giang on voit fréquemment vers le Sud les calcaires de la Lame de Ha Giang dominer des masses schisteuses, et l'on pourrait être tenté de les raccorder, par dessus la vallée, aux calcaires de la Lame du col des

(1) Granites et gneiss d'après M. DEPRAT [8]. M. le Commandant DUSSAULT a rapporté d'un passage récent au même point une rhyolithe typique écrasée.

Partisans qui dominent la route au Nord. Il n'en est rien. Les calcaires de la lame du Col des Partisans et les schistes sous-jacents pendent franchement au Nord. Les schistes des pentes sud appartiennent à un niveau tectoniquement inférieur à celui des calcaires de la Lame de Ha Giang et apparaissent sous les calcaires par suite de l'érosion récente et du laminage de la lame calcaire. Ces schistes arrivent en contact avec les schistes de la Lame de Bac Me, mais partout ce contact est jalonné par des paquets plus ou moins importants de calcaires appartenant à la Lame de Ha Giang. En divers points d'ailleurs, les calcaires de la Lame de Ha Giang et ces paquets sont réunis par des bancs calcaires à pendage nord recouvrant les pentes de schistes. Les paquets calcaires qui jalonnent le contact sont visibles tout le long de la route de Bac Me à Ha Giang et se continuent jusqu'à la terminaison sud-orientale du Dam Cao, important massif calcaire au Nord de Ha Giang, qui se poursuit lui-même vers le Nord-Ouest jusqu'à, et au-delà de la frontière chinoise.

A l'Ouest, les contacts des calcaires de la Lame de Ha Giang avec son substratum sont des plus nets dans toute la partie de la vallée de la Rivière Claire située au Sud de Ha Giang. On voit très bien l'ensemble calcaire formant, à l'Est de la Rivière les crêtes des montagnes de Na Lam, Rong Riec, cote 700, etc. . . avec un plongement est bien marqué (Fig. 35, coupe II).

Le contact se brouille un peu aux environs de Ha Giang où les Schistes de la Rivière Claire semblent passer, à la cote 187 (1), sur les calcaires qui forment le rocher au Sud de Ha Giang (Fig. 35, coupe I). Ce rocher n'est autre que la terminaison ouest du Coc Co.

Il est indubitable que le Coc Co est le prolongement vers le Sud du Dam Cao. Or, à l'Est du Coc Co, les Schistes de la Rivière Claire sont visiblement inférieurs au Coc Co et à terminaison sud-ouest du Dam Cao. Egalement, au Sud-Ouest, les Schistes passent *sous* le Coc Co. Il est donc certain que l'ensemble des calcaires du Coc Co et du Dam Cao, plongeant au Nord-Est *sous* les schistes de la Lame de Bac Me, reposent *sur* le complexe de la Rivière Claire qui entoure le Coc Co.

Les divers massifs calcaires de la Lame de Ha Giang débutent à leur base par des calcaires très laminés et très froissés, mêlés aux schistes du substratum.

Les terrains qui forment la cote 187 semblent appartenir, non au Coc Co, mais à la couverture décollée du Massif du Haut Song Chay (Voir coupe I, Fig. 35). Les calcaires du Coc Co, de la Lame de Ha Giang, reposent directement, après étirement des Schistes de la Rivière Claire, sur les calcaires de la cote 187.

La Lame de Ha Giang, comme nous le voyons par l'exemple du Coc Co, n'est pas continue. Elle a été partiellement enlevée par l'érosion dans la région sud-est de Ha Giang où elle ne forme plus que des massifs isolés posés sur les Schistes de la Rivière Claire. Mais en s'éloignant au Sud-Est, l'érosion a moins agi dans les parties hautes, et les Schistes de la Rivière Claire ne sont plus visibles qu'en fenêtres peu étendues, soit sur l'axe de faibles plis anticlinaux comme à Son La (coupe V. 12 kilomètres environ au Sud de Bac Me) soit au fond de profondes vallées d'érosion, comme le long du Song Gam.

(1) Comme je l'ai dit plus haut, je discuterai, après avoir terminé mon exposé, les coupes de M. DEPRAT [8] et celles que M. JACOB et moi avons précédemment données [21].

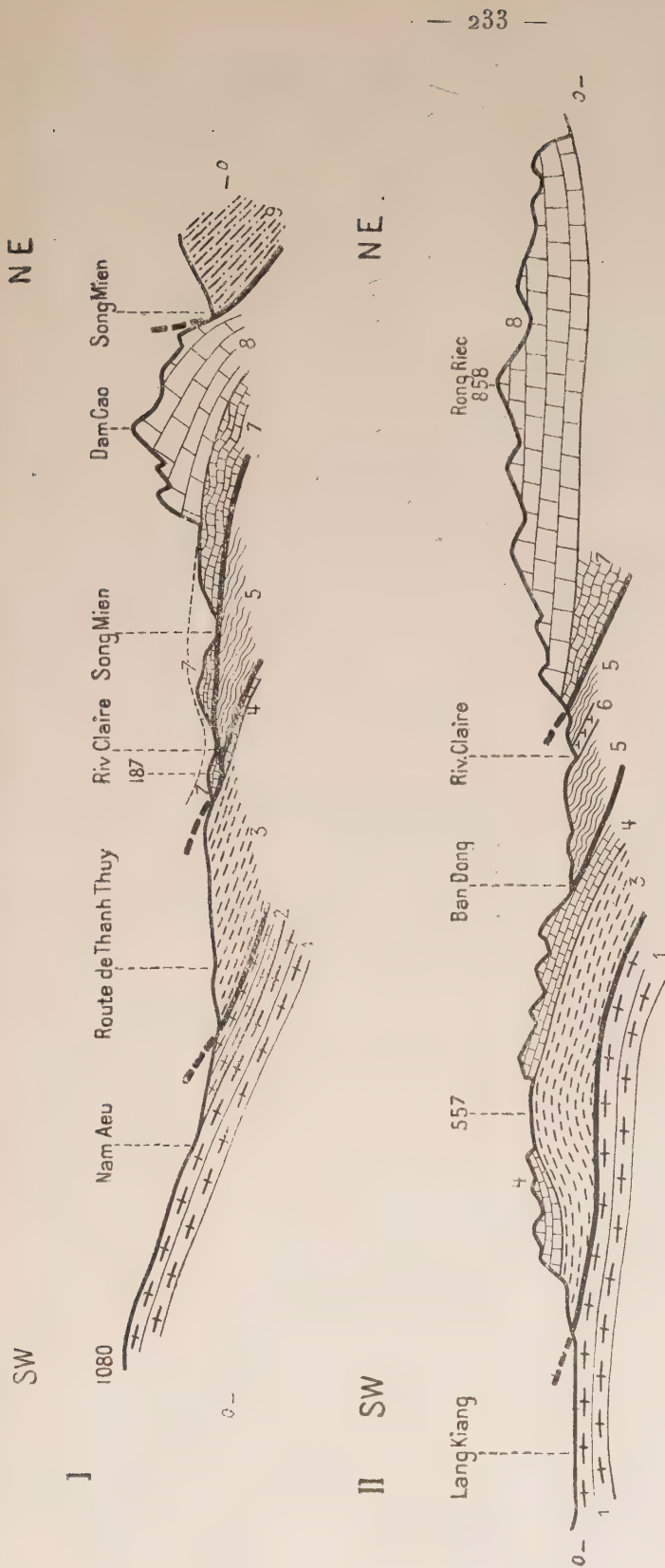


FIG. 35. — Coupes de la Région de Ha Giang.

- LÉGENDE: A. *Zone autochtone*. — 1. Gneiss, — 2. Schistes sériciteux. — 3. Schistes avec quelques lames calcaires. — 4. Calcaires plus ou moins laminés.
 B. *Série intermédiaire* = *Schistes de La Rivière Claire*. — 5. Complexe de schistes avec débris variés, gneiss, porphyrites, calcaires, etc... — 6. Roches vertes.
 C. *Lame de Ha Giang*. — 7. Calcaires en lits minces très froissés. — 8. Calcaires massifs.
 D. *Lame de Bac Me*. — 9. Schistes avec lames de rhyolithes et microgranites écrasés.

Partout, dans ces fenêtres, les contacts des calcaires de la Lane de Ha Giang avec les Schistes de la Rivière Claire sont des plus nets. On trouve à la base les schistes très froissés que nous étudierons plus loin, puis une zone de calcaires en minces bancs très laminés, puis des calcaires plus massifs. Tous ces calcaires sont souvent marmorisés.

On peut suivre vers le Sud, le long de la Rivière Claire, la Lane de Ha Giang dont les calcaires dominant largement la vallée, avec un pendage net, bien que faible, vers l'Est.

Ce sont ces mêmes calcaires que signale M. le Commandant DUSSAULT [18^{bis}] au Nui Cao Duong et au Cham Chu. Mais ce sont ici des lambeaux discontinus de la Lane de Ha Giang, déjà isolés de ceux du Nord et analogues à ceux que l'on peut voir en de nombreux points. Ces lambeaux, pris entre les prolongations vers le Sud des terrains de la Lane de Bac Me et du complexe de la Rivière Claire, ne forment plus avec ces derniers qu'un seul ensemble, compris dans la Zone du Bas Song Gam, dont il ne convient pas de les séparer, sous peine d'avoir à séparer aussi tous les lambeaux de calcaires étirés, de toutes dimensions, qui traînent dans cette Zone du Bas Song Gam. Ces calcaires ne correspondent pas à l'entablement calcaire des Nappes du Song Gam dont il a été question plus haut, entablement qui appartient à un niveau un peu plus élevé (Lane du Col des Partisans).

Les calcaires de la Lane de Ha Giang, le long de la Rivière Claire, se présentent toujours avec un plongement à peu près est, reposant sur le complexe de la Rivière Claire, et supportant eux-mêmes la Lane de Bac Me qui, je l'ai déjà dit, ne diffère du complexe de la Rivière Claire que par sa position tectonique plus élevée. Plus au Sud, dans la Région du Bas Song Gam, le complexe de la Rivière Claire, la Lane de Ha Giang, la Lane de Bac Me et peut-être même la Lane du Col des Partisans, ne forment plus qu'une seule masse dans laquelle toute coupure est impossible, masse qui occupe la Zone du Bas Song Gam.

Il est utile de signaler un important massif qui se montre en fenêtre sous les terrains de la Zone du Bas Song Gam. C'est le Massif de Cho Dien que domine le pic élevé de Pia Khao (Voir la carte), où se trouvent de riches gisements de calamine. Ce Massif, en dôme à peine allongé nord-sud avec pendages périclinaux, n'est qu'une réapparition de la Lane de Ha Giang, dont il présente à peu près les caractères. La calamine, qui paraît appartenir à des gîtes de remaniement, se rencontre en amas entre schistes et calcaires, et, dans les calcaires mêmes, en filons d'origine secondaire orientés nord-nord-est. Des cassures plus récentes encore recoupent ces filons et sont parfois remplies de brèches à ciment de calcite dans laquelle sont englobés des débris de blende. Les filons sulfurés originaux, dont la direction n'est pas encore reconnue, existent aussi, et je dois à l'amabilité de M. VARENNE, Directeur des Mines de Cho Dien, de beaux échantillons de galène déformée à faces courbes provenant de ces filons.

Dès masses calcaires importantes, souvent minéralisées en calamine, se rencontrent assez fréquemment dans la Zone du Bas Song Gam et appartiennent peut-être à la Lane de Ha Giang. Je citerai les calcaires de l'Est de la Rivière Claire au voisinage de la route de Tuyen Quang à Chiem Hoa, et aussi, peut-être, les calcaires de Trang Da, à côté de Tuyen Quang.

Les calcaires (1) de la Lane de Ha Giang rappellent beaucoup ceux de la Lane de Lang Ca Phu et de la Région de Ngan Son. Ils donnent des pays à physionomie analogue. Ils ne ressemblent pas en revanche aux massifs ouralo-permiens. Nous inclinons à les placer dans le Dévonien (Voir partie stratigraphique), mais n'ayant trouvé dans ces calcaires aucun fossile, nous n'avons aucune preuve de cette attribution (2).

Les schistes de la Rivière Claire, que nous avons vus supporter partout les calcaires de la Lane de Ha Giang, diffèrent assez peu de ceux de Bac Me. Cependant on n'y trouve pas de micaschistes, du moins au voisinage de la région de Ha Giang. En revanche des gneiss très laminés, identiques à ceux du Massif du Haut Song Chay, y sont extrêmement abondants. On y trouve également des bancs de porphyrites laminées, notamment à Ban Mouei (Sud-Est de la feuille de Ha Giang) (3) et à la traversée de la Nam Ma, affluent de gauche de la Rivière Claire. J'ai ramassé de nombreux débris de diabase aux environs de Na Mong (Sud-Est de la feuille de Ha Giang). Dans la même région, les calcaires de la Lane de Ha Giang sont séparés des Schistes de la Rivière Claire par une couche épaisse de serpentine; une serpentine identique forme des bancs dans le lit de la Rivière Claire, à l'embouchure du Nam Lao (Nord-Est de Ban Dong — route de Tuyen Quang à Ha Giang — au Sud de la feuille de Ha Giang).

Plus au Nord les Schistes de la Rivière Claire renferment des lames de mylonite calcaire qui affleurent dans le lit de la Rivière Claire tout le long de son parcours nord-ouest — sud-est, au Sud de Ha Giang, et à proximité de cette localité.

Enfin, au Nord de Ha Giang, on peut voir les mêmes schistes avec bancs de quartz et lits graphiteux contenant également des débris d'une porphyrite très laminée. Les calcaires de la Lane de Ha Giang reposent visiblement par contact anormal sur les Schistes de la Rivière Claire. Les roches au contact sont partout très froissées et écrasées. Les schistes et la base des calcaires sont extrêmement laminés.

Tous ces phénomènes, ainsi que les caractères lithologiques, sont très constants, non seulement le long du contact de la Rivière Claire mais aussi dans toutes les fenêtres. Enfin les Schistes de la Rivière Claire et les calcaires qui leur sont subordonnés ne sont nullement métamorphiques bien que renfermant de nombreuses lames de gneiss étirés, tandis que les calcaires de la Lane de Ha Giang sont généralement marmorisés.

Aussi inclinons-nous à penser que ces Schistes n'appartiennent pas, comme le montre la carte de M. DEPRAT [55] à la même série stratigraphique que les calcaires de la Série de Ma Pi Leun, mais que, au contraire, les calcaires sont charriés sur les Schistes.

(1) Ces calcaires sont souvent pyriteux et il y existe, comme au Nord-Est de Pac Van des filons de pyrite, blende et galène qui ont fait l'objet d'une tentative d'exploitation. Une petite voie Decauville a même été construite. Les travaux ont été abandonnés pendant la guerre 1914-1918.

(2) M. DEPRAT place ces calcaires dans la Série de Ma Pi Leun, qui est dévonienne [JACOB et BOURRET [21, p. 25].

(3) Nous n'avons pas trouvé dans cette région les gneiss amphiboliques signalés sur la carte de M. DEPRAT.

En de nombreux points nous voyons les calcaires de la *Lame de Ha Giang* étirés entre les schistes sous-jacents et la *Lame des schistes de Bac Me*, ainsi que cela se produira régulièrement vers le Sud.

Les Schistes de la *Rivière Claire* ont, tant au point de vue de leur position tectonique que de leur composition lithologique, de nombreuses analogies avec les Schistes du *Song Hiem*. Ils forment, les uns et les autres une zone intermédiaire entre les Massifs autochtones et les Nappes ; les Schistes de la *Rivière Claire*, qui correspondent à la *Nappe du Song Mien* de M. DEPRAT, sont cependant plus complexes que les Schistes du *Song Hiem* tels que nous les connaissons dans l'Est de la contrée qui fait l'objet de nos études. J'estime que les Schistes du *Song Hiem* forment une partie seulement des Schistes de la *Rivière Claire*. Nous discuterons cette question à la fin de notre exposé structural, en même temps que les coupes de M. DEPRAT et de MM. JACOB et BOURRET dont il a été plusieurs fois question.

Nous constaterons seulement ici que les Schistes de la *Rivière Claire* reposent, par contact anormal, dans la région de *Ha Giang*, sur le flanc est du Massif du *Haut Song Chay*, formé de gneiss à mica blanc riche en tourmaline.

A l'Ouest de *Ha Giang*, les Schistes de la *Rivière Claire* ne contiennent que des bancs très amincis de calcaires (Voir coupe 1, Fig. 35). Plus au Sud et également au Nord-Ouest le long de la route de *Thanh Thuy*, ces calcaires mylonitiques ou laminés sont beaucoup plus épais (coupe 11, Fig. 35).

e. — *La Zone du Bas Song Gam.*

J'ai dit à plusieurs reprises dans ce qui précède que le complexe de la *Rivière Claire*, la *Lame de Ha Giang*, la *Lame de Bac Me* et peut-être des débris de la *Lame du Col des Partisans* ne forment plus vers le Sud qu'un seul ensemble où toute coupure était impossible, ensemble qui occupe la *Zone du Bas Song Gam*.

Cette *Zone du Bas Song Gam* est, en effet, une zone extrêmement complexe, à directions de détail incohérentes, mais dans laquelle il est possible d'observer cependant des directions et des pendages d'ensemble. Elle correspond à l'ensemble de la *Nappe inférieure du Song Gam*.

Les coupes VIII et IX de la *Planche XXVI* en montrent l'allure.

Au point de vue lithologique cette *Zone* présente par ordre d'importance :

1°) un complexe schisto-gréseux, schistes sériciteux, parfois graphiteux, grès à ciment calcaire et quartzites ; les éléments très quartzeux paraissant plus abondants vers le Sud.

2°) des lames de calcaires noirs devenus souvent sériciteux, très écrasés, non métamorphiques et pouvant former parfois des paquets particulièrement importants, comme celui de *Lang Coc* où existent des gisements de calamine.

3°) des brèches calcaires, des marbres saccharoïdes blancs et des calcaires blancs.

4°) Des roches quartzenses extrêmement écrasées et difficilement reconnaissables. Les grains de quartz sont déchiquetés, sans contours nets. Il y a parfois des micas.

Un échantillon m'a montré du microcline. J'incline, à la suite d'une comparaison avec une rhyolithe typique (qui m'a été communiquée par M. le Capitaine PATTE), provenant du Bac Son et qui montre des quartz identiques, à considérer ces roches comme étant des rhyolithes, ou plutôt des microgranites écrasés. Ces roches forment parfois des massifs considérables.

50) Des roches métamorphiques, micaschistes, schistes amphiboliques, gneiss, cornéennes, pincées entre les lames de la Zone du Bas Song Gam et occupant parfois des étendues relativement importantes, comme aux environs de Chiem Hoa.

60) Des roches vertes (ophites) plus ou moins écrasées.

70) Des cipolins à wollastonite, assez fréquents, mais toujours en lames très minces.

80) Des Grès Singuliers et de rares débris de la Brèche des sommets. J'ai notamment recueilli un morceau de cette Brèche, roulé dans le lit du Song Gam, à Chiem Hoa.

Ainsi, la Zone du Bas Song Gam nous présente bien des roches empruntées : au substratum autochtone ; à la Nappe du Song Hiem et à la Brèche des sommets ; à la Lame de Ha Giang ; à la Lame de Bac Me ; probablement à la Lame du Col des Partisans ; c'est à dire au substratum, à la Série intermédiaire, et à la totalité de la Nappe inférieure du Song Gam.

Vers le Sud [DUSSAULT 18^{bis} — DUSSAULT in JACOB 20] cette série vient s'appuyer sur le Tam Dao et sur la Série de Luc Ra de M. le Commandant DUSSAULT, comme elle s'appuie d'ailleurs sur les terrains cristallins du substratum. J'insiste à nouveau sur le fait que cette série, qui n'est autre que la Nappe du Nui Rao de M. le Commandant DUSSAULT, contient des éléments du substratum quel qu'il puisse être, terrains cristallins ou rhyolithes et Série de Luc Ra (Schistes du Song Hiem et Brèche des sommets).

J'ai pu reconnaître, suivant la coupe Tuyen Quang — Cho Chu, la superposition des lames telle que l'a indiquée M. le Commandant DUSSAULT, soit de bas en haut, granite, terrains cristallins, Série de Luc Ra (Brèche des sommets suivant ma coupe), Nappe du Nui Rao (Zone du Bas Song Gam).

Comment la Zone du Bas Song Gam se raccorde-t-elle vers le Nord avec les autres éléments ? J'ai déjà répété que le complexe de la Rivière Claire comprend des éléments variés qui ne diffèrent pas de ceux de la Zone du Bas Song Gam. De même, en allant du Nord au Sud, on voit la Lame de Bac Me passer à la Zone du Bas Song Gam dont elle offre déjà la composition à l'Ouest des Ba Be, suivant la coupe VII (Planche XXVI).

Les calcaires de la Lame de Ha Giang, compris entre deux Lames complexes identiques, s'étirent vers le Sud et ne forment plus que des paquets plus ou moins importants qu'il devient impossible de séparer des masses analogues existant déjà dans les Lames.

En somme, il serait possible de considérer, dans l'ensemble de la Nappe inférieure du Song Gam (Zone du Bas Song Gam vers le Sud) que la Lame de Ha Giang est l'une des nombreuses écailles calcaires, communes dans cette Nappe inférieure, mais avec une importance beaucoup plus grande.

En tous cas la Lame de Ha Giang, à laquelle appartiennent les calcaires du Nui Cao Duong et du Cham Chu, ne peut-être considérée comme étant supérieure à la

Nappe du Nui Rao de M. le Commandant DUSSAULT, mais est incluse dans cette Nappe, qui, je le répète, correspond dans son ensemble à ma Nappe inférieure du Song Gam.

L'extension vers l'Est de la Zone du Bas Song Gam est indiquée sur ma carte au 1/300.000^e. J'estime, d'après sa position, que le massif calcaire de Cho Chu fait partie de cet ensemble. On rencontre également des débris de cette Zone reposant sur le Secondaire, suivant la route de Cho Moi à Thai Nguyen.

2. — LES VALLÉES DU SONG NIAO ET DU SONG NHIEM, ET LES SCHISTES DU SONG HIEM. (1)

A l'Est des hautes montagnes du Synclinal de Lang Ca Phu, entre ces montagnes et le grand Massif calcaire du Nord-Ouest de Cao Bang (Massif du Binh Lang), se trouve une zone de terrains assez variés qui ont été profondément creusés par l'érosion du Song Niao et du Song Nang, affluents de la rive gauche du Song Gam.

Comme nous l'avons fait pour le Synclinal de Lang Ca Phu nous étudierons une première coupe qui nous donnera les éléments constitutifs de cette région et nous montrera sa structure d'ensemble. Nous examinerons ensuite l'extension de ces divers éléments et leurs modifications dans des coupes successives.

La coupe IV de la Planche XXVI, passant par le Pia Ya, et que nous avons déjà étudiée à l'Ouest de Pou Mo, est l'une des plus faciles à suivre et des plus complètes. Rappelons qu'elle nous a déjà montré, entre la Lame du Col des Partisans et Pou Mo, les éléments suivants, de haut en bas :

Calcaires de la Lame du Col des Partisans.
Schistes supérieurs du Song Hiem.
Calcaires moyens.
Schistes du Song Hiem.

A Pou Mo, sur la Haute vallée du Song Nang, nous sommes déjà dans les Schistes habituels du Song Hiem avec les inclusions très laminées de calcaires, de porphyrites, de Faux poudingues, etc... et une très grande abondance de quartz (2).

En continuant notre coupe vers l'Est-Nord-Est nous restons, entre la vallée du Song Nang et celle du Song Niao, dans les mêmes Schistes du Song Hiem. Nous ne les quittons qu'aux environs du marché de Phinh Kouei, près des rives du Song Niao, où ces schistes sont en contact avec un massif considérable de roches vertes, que nous désignerons sous le nom de « Diabases du Song Niao ». Entre Pou Mo et le Song Niao nous avons traversé deux petits massifs de calcaires clairs, posés sur les schistes, calcaires qui se rattachent sans difficulté à ceux du soubassement du Pia Ya (Lame ouralo-permienne du Col de Partisans).

(1) Voir schéma Pl. XXVII et coupes Pl. XXVI.

(2) Ces quartz sont le plus souvent des quartz de teinte bleue, laminés avec les schistes.

Sous et dans les Diabases se montrent une ou deux lames calcaires discontinues, faiblement ondulées, les Calcaires du Song Niao, dont l'ensemble forme une voûte anticlinale ; la charnière de cette voûte se trouve à peu près au coude du Song Niao situé à 3 kilomètres à l'Est de Phinh Kouei.

De ce point jusqu'au Pia Ya, tous les pendages, généralement faibles, sont ouest-sud-ouest ou sud-ouest. A l'Est de ce point, notre coupe, passant par Nam Linh (sur la route de Nguyen Binh à Bao Lac) nous montre, en un espace réduit, la superposition extrêmement nette, avec pendages concordants au Nord-Est, des divers éléments équivalents à ceux déjà rencontrés et que nous résumons ci-dessous, de haut en bas :

- Calcaires massifs du Binh Lang (Ouralo-Permien de la Lame du Col des Partisans).
- Schistes avec débris de porphyrites laminés.
- Schistes et calcaires noirs (Calcaires moyens).
- Schistes à Grès Singuliers (Schistes du Song Hiem).
- Diabases du Song Niao et Calcaires du Song Niao.

Ces formations se mettent tout naturellement en parallèle avec celles que nous avons rencontrées entre le Pia Ya et le Song Niao. Leur ensemble forme un anticlinal, l'Anticlinal du Song Niao. Nous allons comparer entre eux les diverses assises des deux flancs de cet anticlinal en même temps que nous étudierons leur extension. Nous verrons donc successivement :

- a. — Les Diabases et les Calcaires du Song Niao.
- b. — Les Calcaires moyens.
- c. — Les Schistes du Song Hiem et les roches éruptives.
- d. — La bordure ouest et sud-ouest du Binh Lang et ses relations avec la Lame du Col des Partisans.
- e. — La structure d'ensemble des éléments de la vallée du Song Niao.

a. — *Les Diabases et les Calcaires du Song Niao.*

Cette formation occupe l'axe de l'Anticlinal du Song Niao.

Les roches vertes ne diffèrent pas de celles que nous connaissons sur la bordure des Massifs autochtones externes ; ce sont des roches assez variées, généralement à structure semi-ophitique ou ophitique, riches en pyroxène, très écrasées et altérées. Il y a passage entre tous les types, depuis des roches grenues jusqu'à des types microlithiques représentés par des porphyrites fibreuses. Ces dernières se présentent en particulier sous Nam Linh où elles forment la partie supérieure des roches vertes (Fig. 36).

Ce massif de roches vertes s'étend sans discontinuité depuis notre coupe de base vers le Nord jusqu'à 4 kilomètres au Sud de Bao Lac, où il affleure dans la vallée du Song Niao sur la route basse de Bao Lac à Cho Ra.

Vers le Sud, il arrive tout près du Dôme du Nui Tong Tinh et forme le haut plateau, à sommets élevés, que traverse la route de Nguyen Binh à Bao Lac (Nui Loung Luong, 1528 m.).

Ce massif de roches vertes affleure ainsi sur 35 kilomètres de longueur, avec une largeur qui varie entre 4 et 8 kilomètres.

Tout à fait au Nord il reparaît à la base des Schistes dans la vallée du Song Gam, à Bao Lac même, où il existe un affleurement peu étendu de ces roches (coupes III et

x). Nous donnerons, en étudiant les Schistes du Song Hiem, notre hypothèse sur leur origine.

Les Calcaires du Song Niao se présentent, comme nous l'avons dit, en lames discontinues, noyées dans les roches vertes. Ces calcaires forment, à Ban Nha (sur le cours est-ouest du Song Niao), un petit dôme qui est l'assise tectoniquement la plus basse de la région.

L'anticlinal que dessinent dans l'ensemble ces lames calcaires admet vers le Nord une ondulation qui le divise en deux anticlinaux secondaires. Le plus occidental est jalonné par quelques témoins calcaires espacés le long de la vallée du Song Niao, qui s'alignent depuis Ban Nha vers le Nord-Nord-Ouest, et dont le dernier est visible à Na Nai, sur la route basse de Bao Lac à Cho Ra. Le plus oriental de ces deux anticlinaux, beaucoup plus court, de direction presque nord-sud, se termine aux environs de Mo Dinh où il est assez disloqué et écrasé par les lames supérieures. On voit très bien, au contact, des roches froissées aux environs de Lo Xai Lung, sur la route de Nguyen Binh à Bao Lac (Voir coupe Fig. 36 ci-contre).

Les Calcaires du Song Niao ne se continuent guère vers le Sud. On les trouve pour la dernière fois au village de Ban Miong, à l'altitude de 850 m.

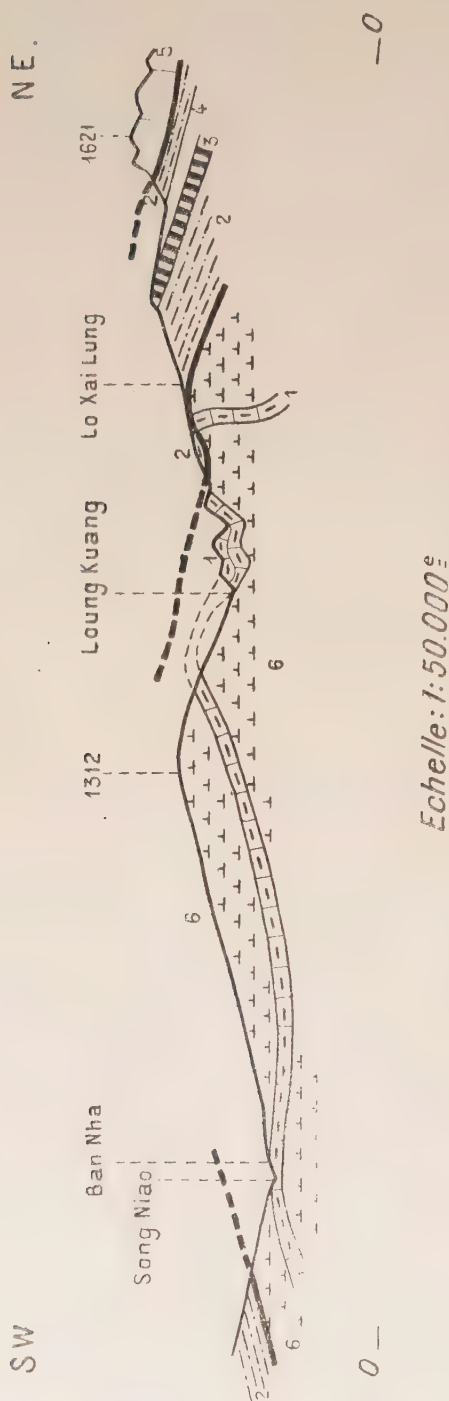


FIG. 36. — Coupe de la bordure occidentale du Binh Lang.

LÉGENDE : 1 Calcaires du Song Niao. — 2. Schistes et grès à points blancs du Song Hiem. — 3. Calcaires noirs dévoniens. — 4. Schistes eiféliens à *Spirifer* cf. *Cabedanus* DE VERN. et D'ARCHIAC. — 5. Calcaires massifs ouraliens. — 6. Roches vertes.

environ, sous forme de bancs très redressés et dominés, à l'altitude de 1100 m., par un paquet de calcaires horizontaux appartenant à la Lame du Col des Partisans.

Les Calcaires du Song Niao m'ont fourni à Bac Miong quelques polypiers, *Heliolites* sp. aff. *H. Megastoma* M'COY et *Monotrypa* cf. *sphaerica* HALL.

L'ensemble des affleurements des Calcaires du Song Niao forme, comme nous l'avons déjà dit, une voûte anticlinale qui se met en continuité avec la branche nord de l'Arc du Coc Xo. La position tectonique de ces Calcaires est la même que celle des éléments stratigraphiques de l'Arc du Coc Xo. Il semble donc logique d'admettre que ces Calcaires sont une réapparition en fenêtre des terrains autochtones dévoniens de l'Arc du Coc Xo.

b. — Les Calcaires moyens.

Laissant provisoirement de côté les schistes qui, de part et d'autre du Dévonien autochtone de l'Anticlinal du Song Niao, reposent sur les roches vertes, nous allons aborder immédiatement l'étude de ce que nous avons appelé « Les Calcaires moyens ».

Il n'est pas douteux que les « Calcaires moyens » rencontrés à l'Est du Pia Ya au village de Ban Gien, ne soient les mêmes que ceux de la coupe de Nam Linh (coupe iv). Leur position tectonique est identique et leur faciès est le même. Ce sont des calcaires noirs, généralement bien lités, un peu grenus, présentant assez fréquemment des débris d'entroques. Sur le flanc ouest de l'Anticlinal du Song Niao, où nous les examinerons d'abord, ces Calcaires forment une mince bande continue sur environ 40 kilomètres de long, avec pendage constant et faible vers l'Ouest ou le Sud-Ouest.

Dans sa partie sud, à partir de notre coupe iv, cette bande calcaire est rigoureusement droite et de direction nord-ouest — sud-est. Elle se trouve à peu près constamment à flanc de coteau. Elle s'étire progressivement entre la Lame inférieure et la Lame supérieure des Schistes ; le contact des deux Lames est jalonné très loin vers le Sud par des paquets isolés des « Calcaires moyens ».

Deux de ces paquets sont traversés, le premier par la route de Bao Lac, le deuxième par la route de Beau Site à Cho Ra. Plus au Sud, on voit des débris de ces mêmes Calcaires dans la vallée de Ha Hieu, à l'Est de Cho Ra, (coupe vii). Plus au Sud encore, de minces lames très étirées dans les schistes, à l'Ouest du Kim Hi, semblent devoir être rapportées à cette bande.

Au Nord des calcaires du Dôme du Nui Tong Tinh se trouvent deux paquets de calcaires identiques aux « Calcaires moyens », pincés dans les Schistes (coupe vi). Ces affleurements, parallèles à la longue bande que nous venons de décrire, plongent sud-ouest. Nous les considérons comme deux écailles de ces « Calcaires moyens ». La plus occidentale des deux est mordue légèrement à l'Ouest par la route de Pou Mo à Cho Ra. La seconde, très écrasée, forme des affleurements discontinus et peu importants dans la haute région des schistes qui sépare les sources du Song Niao de la vallée du Song Nang.

Revenons au Nord de notre coupe iv. Dans cette partie, la bande des « Calcaires moyens » forme une falaise regardant vers l'Est et dominant les schistes creusés par

la vallée du Song Niao. Ces calcaires s'étirent assez brusquement au Nord dans les Schistes du Song Hiem (coupe III).

On les retrouve un peu au Nord-Est dans la vallée du Song Gam où ils sont particulièrement froissés. Plus au Nord-Est encore, ils forment un massif assez important, plongeant sud-est, sur le versant nord de la vallée du Song Nhiem, avant l'embouchure de cette rivière dans le Song Nho Que. Enfin on les retrouve dans la région de Yen Minh (coupe I) où ils forment les « Ecailles du Song Nhiem » [JACOB et BOURRET, 21, p. 22].

Ainsi jalonnée, cette bande calcaire peut se suivre sur une longueur de près de 150 kilomètres avec des caractères constants.

Nous venons de voir les affleurements des « Calcaires moyens » sur le versant ouest de l'Anticlinal du Song Niao. Passons au versant est.

Sur ce versant est les « Calcaires moyens » forment, aux environs de Nam Linh, un affleurement très étroit pendant nord-est qui s'étire vers le Nord et ne laisse plus voir que quelques petites lames discontinues et très écrasées.

La lame supérieure des Schistes du Song Hiem est représentée à Nam Linh ; mais plus au Nord elle s'étire également, et les calcaires ouraliens massifs du Binh Lang viennent en contact direct avec les « Calcaires moyens », souvent visibles sous les premiers dans les fonds de ravins, à l'intérieur même du Binh Lang. Plus au Nord encore on ne retrouve plus les « Calcaires moyens » qu'aux environs de Nam Quet, exception faite de deux petites lames très peu étendues dont l'une, visible sur la route de Bao Lac à Dong Mu, repose sur des bancs de la « Brèche des sommets » que nous connaissons déjà à la partie supérieure des Schistes du Song Hiem. A Nam Quet (coupe III), les « Calcaires moyens » forment des affleurements importants, dans lesquels j'ai trouvé, au Nord de cette localité, un polypier rapporté à un Favositidé dévonien. Ces affleurements couronnent visiblement les schistes du bassin d'alimentation du ruisseau de Nam Quet. Ils sont presque horizontaux. On peut avoir là une coupe admirablement nette montrant la superposition, entre Nam Quet et Bao Lac, des éléments suivants de haut en bas :

Calcaires dévoniens des environs de Nam Quet.

Schistes avec débris de la Brèche des sommets.

Rhyolithes écrasées.

Schistes.

Roches vertes.

Cette coupe est à comparer à celle que l'on peut relever sur la bande ouest de l'Anticlinal du Song Niao, aux environs de Pa Boung, à 8 ou 10 kilomètres au Sud de Bao Lac sur la route basse de Cho Ra. Cette dernière coupe ne diffère de la précédente que par l'extrême abondance de la « Brèche des sommets ». Les calcaires sont identiques, ce qui confirme l'attribution des deux bandes au même niveau tectonique et stratigraphique (1).

(1) Je ne puis admettre la coupe donnée par M. DEPRAT [12] coupe que je discuterai dans mon dernier chapitre sur la structure du Nord-Est du Tonkin.

Un petit lambeau des « Calcaires moyens » se voit aussi aux environs de Bao Lac, entre le poste et le blockhaus situé à l'Ouest. A deux kilomètres au Nord de Bao Lac, dans le coude du Song Gam, existe un affleurement de brèches calcaires, pendant nord, qui, bien que d'aspect différent, pourrait être attribué à la même lame. Ces divers affleurements semblent limiter au Nord l'Anticlinal du Song Niao.

Nous allons reprendre au voisinage de notre coupe fondamentale la bande des « Calcaires moyens » située à l'Est de l'Anticlinal du Song Niao et la suivre vers le Sud.

Ces Calcaires vont prendre une extension assez considérable au Nord de Tinh Tuc où ils contribuent, pour une large part, à former les plateaux de calcaires marmorisés par le Pia Oac, plateaux compris entre la cuvette de Tinh Tuc et la route de Nguyen Binh à Bao Lac (coupe VI). Entre Nam Linh et ces plateaux, les calcaires sont accompagnés de quelques schistes qui à Nam Pium (3 kilomètres sud-est Nam Linh) m'ont fourni *Spirifer* aff. *Sp. Cabedanus* DE VERN. et D'ARCHIAC. J'ai, en de nombreux points, recueilli des *Spirifer* identiques dans les schistes eiféliens.

Si, quittant la vallée du Song Niao, nous nous éloignons vers le Sud-Est, nous pouvons constater que les plateaux des « Calcaires moyens » du Nord de Tinh Tuc sont prolongés vers le Sud-Est dans le bassin du Song Bang Giang par un affleurement isolé important de schistes et calcaires eiféliens compris, avec un pendage nord-est très net, entre deux lames des Schistes du Song Hiem ; c'est le paquet de Pac Cap. Cet affleurement, limité au Sud-Est par la vallée du Song Hiem, nous a fourni à Pac Gai des exemplaires écrasés mais reconnaissables de *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM. Encore une fois les rares fossiles trouvés dans la bande orientale des « Calcaires moyens » et des schistes en dépendant confirment leur attribution au Dévonien.

D'autres débris des « Calcaires moyens », pris également dans les Schistes du Song Hiem, sont visibles le long de la route de Cao Bang à Nguyen Binh, à proximité de ce dernier poste.

On ne retrouve nulle part, si l'on dépasse vers le Sud-Est le paquet de Pac Cap, ces « Calcaires moyens ».

c. — Les Schistes du Song Hiem et les roches éruptives.

Nous avons déjà eu fréquemment l'occasion de parler de ces Schistes, ou plutôt de cet ensemble schisteux qui comprend, en effet, non seulement des schistes, mais encore toutes sortes de roches écrasées, les unes faisant originellement partie de l'ensemble, les autres arrachées au substratum et entraînées dans la masse des Schistes en mouvement.

Parmi les dernières il faut placer les minces débris calcaires, d'origine inconnue, laminés dans les Schistes du Song Hiem occupant la région à l'Ouest de l'Arc du Coc Xo que nous étudions ici, et dont on ne retrouve pas l'équivalent dans les grandes masses des mêmes Schistes situées à l'Est de cet Arc. Ces Schistes du Song Hiem avec lames calcaires peuvent être comparés à la Zone du Bas Song Gam.

Parmi les roches faisant partie des Schistes et écrasées avec eux nous placerons dans l'ordre ascendant :

1° — Des roches vertes très laminées (porphyrites) souvent presque méconnaissables, que nous retrouvons presque partout, en masses plus ou moins importantes, entre les Schistes du Song Hiem et leur substratum.

2° — Au-dessus des porphyrites :

I. — Des rhyolithes très nettes, plus ou moins écrasées, avec quartz corrodés et grands feldspaths toujours très altérés.

II. — Au même niveau que les rhyolithes, des roches à forme de poudingue écrasé présentant des débris plus ou moins gros, laminés, ayant la structure de la pâte des rhyolithes ci-dessus. Ces roches contiennent aussi des débris de rhyolithes typiques. La pâte est identique à celle de la roche décrite ci-après.

III. — Toujours au même niveau, des roches ressemblant à des grès plus ou moins grossiers, avec des points blancs qui ne sont autre que des feldspaths altérés. On trouve tous les intermédiaires entre une roche à aspect franchement détritique, et des rhyolithes véritables. Nous conserverons à ces roches le nom de « Grès Singuliers » [Ch. JACOB et R. BOURRET, 21, p. 12].

3° — Enfin, au sommet de la série, la « Brèche des sommets », déjà décrite.

Nous estimons que la présence des porphyrites laminées, surtout à la base, et des Grès Singuliers, est caractéristique de la formation que nous avons appelée Schistes du Song Hiem.

En plus des éléments indiqués ci-dessus, les Schistes du Song Hiem admettent, entre les « Calcaires moyens » et le soubassement du Pia Ya, des débris exotiques de gneiss et d'autres roches cristallophylliennes très laminées.

Ainsi définis, les Schistes du Song Hiem sont très continus et occupent la majeure partie des vallées du Song Niao, du Song Nhiem et du Haut Song Nang, en n'envasageant que la région située à l'Ouest du méridien passant par le Coc Xo. Nous les prendrons du Nord au Sud en signalant au fur et à mesure leurs caractères spéciaux dans les diverses régions.

Du côté de Yen Minh, ils supportent les calcaires ouralo-permiens du Col des Partisans et se continuent au Nord-Est de Yen Minh. Vers cette localité ils renferment des lambeaux de « Calcaires moyens » formant les « Ecailles de Yen Minh ». Suivant cette coupe (coupe I) ils n'offrent pas de caractères particuliers. Ils contiennent les « Grès Singuliers » habituels.

Plus à l'Est les Schistes du Song Hiem, toujours semblables, se retrouvent *sur* et *sous* le lambeau des « Calcaires moyens » situé à l'embouchure du Song Nhiem dans le Song Nho Que.

Plus au Sud-Est encore, nous avons de l'Ouest à l'Est sur la coupe III les éléments suivants appartenant aux Schistes du Song Hiem ;

I. — La Lame des Schistes du Song Hiem, identiques aux précédents, comprise entre la Lame du Col des Partisans et les Calcaires moyens.

II. — La Lame des Schistes comprise entre les Calcaires moyens et les roches vertes de Bao Lac. Ces deux lames des Schistes sont identiques et impossibles à séparer au Nord de la terminaison de la bande des Calcaires moyens.

III. — La *Lame des Schistes* comprise entre *Bao Lac* et *Nam Quet*, continuation évidente de la précédente, contient un massif important de rhyolithes laminées qui font partie intégrante de la masse des Schistes. Vers le Sud-Ouest, c'est à dire près de *Bao Lac*, ces rhyolithes ne se distinguent plus des Grès Singuliers. Dans la même région (1 kilomètre à l'Est de *Bao Lac*) on trouve des débris des « Faux poudingues » qui occupent la base des terrains à rhyolithes. Plus à l'Est, au point où la route de *Nam Quet* quitte le *Song Gam*, les rhyolithes contiennent des inclusions de calcaires blancs ouralo-permiens. Sur la route entre le Fleuve et *Nam Quet* les rhyolithes sont toujours fréquentes, et on les trouve, en remontant vers le Nord, presque jusqu'au contact des Calcaires moyens. A *Nam Quet* même, une épaisseur assez considérable de schistes francs sépare les rhyolithes des « Calcaires moyens » à polypiers.

Des débris de la « Brèche des sommets » se trouvent en haut de la série. Des bancs de cette Brèche, à éléments assez fins, se voient notamment sur la route de *Bao Lac* à *Dong Mu*, aux environs de *Na Chu*, sous des débris des Calcaires moyens. Des schistes à Grès Singuliers se rencontrent plus à l'Est entre ces débris des Calcaires moyens et le lambeau des calcaires du *Binh Lang*.

Une coupe faite un peu plus au Sud, au niveau de *Na Nai*, nous montrera les Schistes du *Song Hiem* en deux bandes : une bande supérieure entre les calcaires de la *Lame du Col des Partisans* et les Calcaires moyens, une bande inférieure entre les Calcaires moyens et les calcaires de la base du *Binh Lang*. Cette dernière est divisée en deux affleurements par les roches vertes de l'Anticlinal du *Song Niao*.

Suivant cette coupe, les Schistes du *Song Hiem* ont les mêmes caractères. Ce sont toujours des schistes à Grès Singuliers, admettant seulement une épaisseur assez importante de Brèche des sommets entre les Calcaires moyens et les roches vertes, sur le flanc ouest de l'Anticlinal.

La *Lame supérieure* de ces Schistes et les Calcaires moyens sont étirés entre la *Lame inférieure* et le *Binh Lang*.

Plus au Sud, au niveau du *Pia Ya* (coupe IV), les Schistes du *Song Hiem* admettent des débris étirés de gneiss, tant dans la lame supérieure que dans le haut de la lame inférieure, sur le flanc ouest de l'Anticlinal du *Song Niao*. Le flanc est présente les deux niveaux de Schistes, avec Grès Singuliers. Nous sommes ici dans la coupe fondamentale que nous avons décrite.

Continuons vers le Sud. Au niveau de *Pac Nam* la *Lame supérieure* admet encore quelques rares débris de gneiss. La *Lame inférieure*, extraordinairement laminée, renferme des inclusions de calcaires, de porphyrites, de Grès Singuliers et de Faux poudingues. Elle comprend en plus les écailles des Calcaires moyens que nous avons signalées au Nord du Dôme du *Nui Tong Tinh*. Cette région, entre *Pou Mo* et *Pac Nam*, est traversée par de nombreux filons de quartz (1).

Suivant cette coupe, les Schistes du *Song Hiem* s'appuient sur les roches vertes. Ils se continuent au Nord-Est formant une mince bande entre la terminaison nord-ouest des plateaux du Nord de *Tinh Tuc* et le *Binh Lang*.

(1) On y rencontre les filons de quartz bleu, laminés avec le terrain encaissant, et contenant de l'or, que nous avons déjà signalés.

Si nous poursuivons encore vers le Sud, nous verrons la terminaison nord-ouest du Dôme du Nui Tong Tinh séparer les Schistes du Song Hiem en deux branches :

I. La branche occidentale comprend les deux lames de Schistes inférieure et supérieure entre le flanc ouest de l'Arc du Coc Xo et la Nappe supérieure du Song Gam. Ces deux lames, dont la surface de contact est jalonnée d'une façon discontinue par des Calcaires moyens laminés et par des brèches diverses, ne diffèrent pas lithologiquement l'une de l'autre. En arrivant dans la région de Phu Ton et de Bac Kan, il devient impossible de les séparer ; il est même probable que, dans cette région, il n'y a plus tectoniquement qu'une seule lame, et que ce n'est qu'en remontant vers le Nord que cette lame se divise en deux.

En poursuivant vers le Sud, sur le flanc ouest de l'Anticlinal du Coc Xo, on peut suivre les Schistes du Song Hiem sur une grande étendue. Entre Cho Moi et Thai Nguyen, les Schistes du Song Hiem semblent se continuer par le Rhétien houiller de Phan Me. Au Sud-Ouest de la région de Cho Chu, ce sont, non les Schistes du Song Hiem et les rhyolithes, mais la Brèche des sommets, qui s'appuie directement sur le substratum autochtone. [DUSSAULT 18^{his}. — DUSSAULT in JACOB 20] Si l'on compare ce pays à la région comprise entre That Khe et Yen Lac que nous avons précédemment étudiée, il semble logique d'admettre que la superposition est la suivante :

OUEST Région du Tam Dao	EST Yen Lac et That Khe
Nappes Rhétien houiller Brèche des sommets	Brèches des sommets Schiste du Song Hiem
Rhyolithes Roches vertes	Rhyolithes Roches vertes Substratum primaire
Substratum cristallin	

II. La branche orientale dont la lame inférieure est en partie métamorphisée par la granulite du Pia Oac contient des Grès Singuliers. La lame supérieure, qui forme au Nord de Nguyen Binh les pentes herbeuses du Khau Lung Bang (coupe II), est tout à fait identique.

Ces deux lames sont séparées plus à l'Est par le lambeau dévonien de Pac Cap, appartenant aux « Calcaires Moyens ». Plus à l'Est encore, ces deux lames se confondent, et leur ensemble occupe les bassins du Song Hiem et du Song Bang Giang.

Au Nord du Dévonien moyen de Pac Cap, la lame supérieure débute par un massif de belles rhyolithes laminées très franches. Ces rhyolithes se continuent jusqu'à Ta Sa, recouvertes par des Schistes du Song Hiem. A l'Ouest de Ta Sa, elles s'interrompent au voisinage d'un affleurement important de roches vertes très laminées (porphyrites) ; elles sont probablement étirées entre ces roches vertes et le Sud du Massif du Binh Lang.

Nous ajouterons à ce long exposé que les pendages indiqués par l'allure de l'Anticlinal du Song Niao et l'Arc du Coc Xo, le Synclinal de Lang Ca Phu et le Synclinal du Binh Lang, sont très constants.

Nous avons peu de choses à dire de l'immense étendue des Schistes du Song Hiem dans les Bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang. Nous avons étudié en détail leurs contacts avec les Massifs autochtones externes : nous avons vu qu'ils forment à l'Ouest de That Khe deux lames superposées. Partout on y rencontre les roches que nous avons énumérées : rhyolithes et roches vertes à la base ; Grès Singuliers (qu'il faut considérer, nous l'avons déjà dit, comme des roches détritiques ayant emprunté leurs éléments aux rhyolithes) interstratifiés à divers niveaux ; Brèche des sommets, particulièrement bien représentée entre Yen Lac et That Khe, en haut de la série. Je rappelle ici le poudingue à galets de rhyolithe que j'ai signalé dans la masse des Schistes du Song Hiem, à l'Ouest de Van Mit.

Entre l'Arc du Coc Xo et la Région autochtone de l'Est, on traverse ces Schistes sur une trentaine de kilomètres sans y rencontrer la moindre intercalation calcaire. A l'Ouest et à l'Est de cette zone les pendages sont nets, et l'on voit la masse des Schistes du Song Hiem reposer sur les terrains autochtones. Vers le milieu, cet ensemble est extrêmement disloqué et plissoté, complètement haché de petites failles ; aucune direction ne domine.

Il est impossible de démêler, dans cette région, les plis à grand rayon de courbure que nous connaissons un peu partout.

Nos cartes et schémas indiquent suffisamment l'extension des Schistes du Song Hiem, que l'on peut suivre au Tonkin sur près de 250 kilomètres de long, pour qu'il soit utile de préciser davantage cette extension.

Les Schistes du Song Hiem, que j'attribue au Secondaire (Voir stratigraphie), avec leur cortège de roches éruptives, posent divers problèmes quant à leur signification tectonique et à l'origine des roches qu'ils renferment.

Leur signification tectonique sera discutée dans un chapitre suivant, en les comparant à la Nappe du Song Mien de M. DEPRAT.

Nous nous contenterons ici de résumer les faits que nos précédentes descriptions mettent en évidence, dans la vallée du Song Niao :

1° — Existence de deux lames, l'une supérieure, l'autre inférieure aux « Calcaires moyens », lames qui se confondent en divers points.

2° — Etirements fréquents surtout dans la lame supérieure, dont nous verrons de nouveaux exemples en étudiant le lambeau du Binh Lang.

3° — Abondance des roches éruptives.

Les roches éruptives, rhyolithes et roches vertes, présentent un intérêt particulier.

J'ai déjà établi, dans mon étude de la couverture triasique des environs de Lang Son, la position et l'origine des rhyolithes.

Je rappellerai ici, pour n'avoir pas à y revenir, l'hypothèse de M. DEPRAT [8, p. 112]. Pour M. DEPRAT, rhyolithes et roches vertes, passant les unes aux autres, sont des roches éruptives anté-ouraliennes. Il donne comme argument la transgression de l'Ouralo-permien sur les schistes du Oûi Pi, schistes qui contiennent rhyolithes et roches vertes, et qu'il attribue à l'Ordovicien.

Je puis opposer à l'hypothèse de M. DEPRAT les arguments suivants :

1^o — En d'autres régions des rhyolithes tout à fait identiques ont injecté le Trias moyen (Lang Son).

2^o — J'ai trouvé des rhyolithes exclusivement dans le Secondaire et dans les Schistes du Song Hiem.

3^o — Les schistes du Oui Pi dépendent des Schistes du Song Hiem qui appartiennent probablement au Secondaire et non à l'Ordovicien.

4^o — Schistes et rhyolithes du Oui Pi reposent par contact anormal sur l'Ouralien du Dong Quan [JACOB et BOURRET, 21, p. 19] ce qui réduit à néant le seul argument de M. DEPRAT. Son hypothèse ne peut donc être retenue.

J'ajouterai que, dans les très nombreuses coupes que j'ai relevées, si j'ai trouvé fréquemment en contact des rhyolithes et des roches vertes, je n'ai jamais pu voir de passage des unes aux autres ; j'ai pu en revanche constater que rhyolithes et porphyrites forment des écailles tectoniques distinctes.

Laissons de côté les rhyolithes pour lesquelles je conserve les conclusions que j'ai données à leur sujet dans mon étude de la couverture triasique de la Région de Lang Son, et passons aux roches vertes.

M. JACOB vient d'émettre pour ces roches [20, p. 178] l'hypothèse d'une venue corrélatrice des grands mouvements tectoniques, dans les plans même des charriages.

Toutes les observations que j'ai pu faire dans le Nord-Est du Tonkin confirment, au moins pour la majeure partie de ces roches vertes, l'hypothèse de M. JACOB.

La position des roches vertes, au contact des terrains autochtones et des Schistes du Song Hiem, est tout à fait remarquable. Quels que soient les progrès de l'érosion, c'est presque toujours au contact même de ces deux éléments tectoniques que l'on trouve les roches vertes, ce qui prouve bien qu'elles existent surtout au voisinage de la surface de contact et ont injecté plus ou moins les terrains encaissants, substratum ou Nappes supérieures.

L'extension des roches vertes est indiquée sur mes cartes ; c'est presque partout qu'on peut les voir en bordure des Massifs autochtones. Je les signale exceptionnellement dans le substratum, ayant injecté les terrains autochtones du Massif de l'Est de Cao Bang et le Trias de Lang Son, et dans les Nappes, où elles forment un massif important dans le Lambeau du Binh Lang.

Les roches vertes sont, comme nous l'avons dit, fréquemment laminées ou à l'état de brèches tectoniques.

d. — *La bordure ouest et sud-ouest du Binh Lang et ses relations avec la Lame du Col des Partisans.*

La coupe iv précédemment décrite, ainsi que celle de la Fig. 36, p. 240, nous ont montré les calcaires massifs du Binh Lang reposant à une grande hauteur, avec un faible pendage vers le Nord-Est, sur les terrains antérieurement étudiés.

Cette allure se conserve sur tout le contact au Sud de Nam Linh et jusqu'à Ta Sa. Partout nous verrons les calcaires ouralo-permiens du Binh Lang formant falaise, dominer plus ou moins les terrains sous-jacents. Les pendages, généralement faibles, seront, tout à fait localement d'ailleurs, très accentués et presque voisins de la verticale aux environs du Khau Lung Bang. Les calcaires ouralo-permiens du Binh Lang se prolongent vers le Sud-Ouest et forment en divers points un revêtement aux calcaires des plateaux du Nord de Tinh Tuc sur lesquels ils s'appuient directement (coupe vi).

Au Nord de la coupe iv, la bordure présente un aspect un peu différent. Elle descend peu à peu en altitude à la faveur d'un petit synclinal assez brutal dont on voit la terminaison à la sortie du canyon du Song Gam. En ce point les deux flancs du petit synclinal sont nettement visibles et les pendages sont bien marqués.

Des lambeaux nombreux, appartenant aux calcaires massifs ouralo-permiens du Binh Lang, couronnent à l'Ouest de celui-ci, à une altitude élevée, les crêtes des Schistes. Nous n'énumérerons pas ces lambeaux qui sont tous indiqués sur le schéma au 1/200.000^e Pl. XXVII et sur mes cartes détaillées.

L'étude de la bordure nord-est du Synclinal de Lang Ca Phu nous a montré la continuité entre les calcaires à Fusulinidés du Col des Partisans et les calcaires du soubassement du Pia Ya.

La position tectonique de ces derniers est la même que celle des calcaires massifs du Binh Lang qui reposent en divers points sur la Lamé supérieure des Schistes du Song Hiem. La continuité entre ces deux formations calcaires est d'ailleurs assurée par les nombreux lambeaux, formés de calcaires identiques, dont nous venons de parler. Il est donc prouvé que les calcaires du Binh Lang ne sont autre chose qu'un vaste lambeau de recouvrement appartenant à la Lamé du Col des Partisans. Cette attribution est confirmée par l'âge permien certain des calcaires de l'Ouest du Binh Lang, calcaires dans lesquels on trouve presque partout, malgré leur écrasement intense, des débris de Fusulinidés. En particulier j'ai ramassé à Pa Khao un échantillon contenant des exemplaires déformés, mais reconnaissables, de Fusulinidés qui peuvent être rapportés à *Doliolina Verbeeki* GEINITZ, *Neoschwagerina craticulifera* SCHWAGER, etc... (Voir Stratigraphie p. 106).

e. — La structure d'ensemble des éléments tectoniques de la vallée du Song Niao.

Nos descriptions précédentes et nos schémas montrent suffisamment la structure d'ensemble de la vallée du Song Niao, structure qui peut se résumer ainsi : anticlinal peu marqué, en continuité avec l'Arc du Coc Xo, et divisé en deux branches par un synclinal annexé à peine indiqué dans sa partie nord.

Les éléments tectoniques de cet Anticlinal sont de haut en bas :

IV. La Nappe supérieure du Song Gam, représentée à l'Ouest seulement.

III. La Lamé du Col des Partisans, le lambeau du Binh Lang qui en dépend, et de petits lambeaux annexes.

II. L'ensemble des « Calcaires moyens » et des Schistes du Song Hiem.

I. Les terrains autochtones.

Nous n'avons plus rien à dire ici des terrains autochtones, de la *Lame du Col des Partisans*, et de la *Nappe supérieure du Song Gam*. Ce sont des éléments bien individualisés que nous avons suffisamment définis.

Mais il n'en est pas de même des « Calcaires moyens » et des Schistes du Song Hiem. Si l'ensemble de ces deux termes forme, par rapport aux autres, une entité bien nette, nous n'avons pas encore parlé de leurs relations mutuelles. Nous devons de plus comparer ces formations à celles que nous connaissons sur le flanc ouest du Synclinal de Lang Ca Phu. Nous savons déjà que, pour ce qui est de la vallée du Song Niao et des régions voisines, les lames diverses des Schistes du Song Hiem, malgré leur position tectonique différente, ne peuvent pas être séparées quant à leur origine.

Toujours en nous bornant à la vallée du Song Niao et ses dépendances, la continuation au Sud des deux lames des Schistes du Song Hiem dans la région de Bac Kan, région où elles se réunissent en une seule, nous montre que nous avons à faire à un seul ensemble tectonique et que nous devons considérer les deux lames inférieure et supérieure de ces Schistes comme deux écailles entre lesquelles est prise la *Lame des « Calcaires moyens »* : Cet ensemble admet de petits synclinaux annexes dans lesquels sont pincés les lambeaux des « Calcaires moyens » que nous avons décrits au Nord du Dôme du Nui Tong Tinh. Dans ces conditions, les « Calcaires moyens » constituent une lame plus élevée que celle des Schistes du Song Hiem ; ces deux lames ont été écrasées et plissées ensemble par le passage des masses supérieures.

Les analogies de position et de faciès m'ont conduit à admettre que les « Calcaires moyens » et les Calcaires de la Région de Ha Giang appartenaient à une seule et même lame tectonique, la *Lame de Ha Giang*.

L'ensemble des Schistes du Song Hiem et de la *Lame de Ha Giang* correspond, dans les Régions de Ha Giang et de Yen Minh, à la *Nappe du Song Mien* de M. DEPRAT [8].

Dans mon sixième chapitre de tectonique, je discuterai les coupes de M. DEPRAT en étudiant les relations mutuelles des éléments structuraux du Nord-Est du Tonkin.

3. — LE BINH LANG

Le Massif du Binh Lang ⁽¹⁾ est une large bande calcaire, de direction générale nord-ouest — sud-est, située à l'angle nord-ouest de la feuille de Cao Bang, et se prolongeant sur les feuilles de Bao Lac et de Yen Minh, et aussi légèrement en Chine. Cette bande s'incurve au Sud pour prendre une direction est-ouest.

Je n'ai pu pénétrer dans la partie du Binh Lang extérieure à la frontière et je ne connais donc pas sa terminaison au Nord. Mais on voit très bien, à l'Est du Binh Lang, les Schistes du Song Hiem se prolonger assez loin en Chine. A l'Est de Nam Quet, le manteau de calcaires dévonien et ouralien occupe une surface assez étroite, et le poste chinois de Pac Nam, situé à quelques kilomètres de Nam Quet, est construit sur les Schistes. Ces derniers forment également tout le pays à l'Est de Coc Pan. Tout nous porte donc à croire que le Massif du Binh Lang se termine assez vite un peu au Nord de Nam Quet et que les affleurements des Schistes du Song Hiem sont continus entre Coc Pan et le prolongement au Nord-Ouest du Lu Khu.

(1) Voir schéma Pl. XXVII et coupes IV-VI-X et XI de la Pl. XXVI.

Le Massif du Binh Lang domine de tous côtés les régions qui l'entourent ; il forme un plateau élevé couronné par une série de sommets dont l'un (au Nord-Est de la feuille de Bao Lac) dépasse 1800 m.

Au Nord-Est du Binh Lang, entre le Binh Lang et le Lu Khu, se trouve un petit massif calcaire, le Lung Xung, qui se présente sous la forme d'un triangle allongé dont l'axe est dirigé nord-ouest — sud-est. Il atteint 1538 m. au Nui Lung Hoai.

Le triangle du Lung Xung se raccorde par sa pointe nord-est, ainsi que nous l'avons déjà dit en étudiant le Massif de l'Est de Cao Bang, au Massif du Lu Khu, dont il n'est, pour la plus grande partie, qu'une dépendance.

Entre le Lung Xung et le Lu Khu, les Schistes du Song Hiem remplissent, comme nous l'avons vu, le Synclinal de Soc Giang.

Entre le Binh Lang et le Lung Xung, une masse importante des mêmes Schistes forme les collines du Nui Tong Mai.

Le Binh Lang emprunte ses éléments tectoniques aux « Calcaires moyens » et à la Lamé supérieure des Schistes du Song Hiem, et surtout à la Lamé du Col des Partisans dont les calcaires à Fusulinidés occupent la majeure partie du plateau.

Nous répétons que l'ensemble du Binh Lang et de son substratum est un peu plissé, ce qui rend les zones de contacts assez compliquées dans les points où l'érosion a creusé un peu profondément, comme le long du Song Tse Lao.

Nous connaissons déjà la bordure ouest du Binh Lang.

Nous allons étudier successivement :

- a. — Le Lung Xung.
- b. — La bordure est et sud du Binh Lang.
- c. — L'intérieur du Binh Lang.

a. — *Le Lung Xung.*

Les coupes x, iv et vi de la Planche XXVI montrent clairement la structure de ce petit massif.

C'est un anticlinal faisant reparaître les calcaires ouraliens autochtones du Lu Khu. Son flanc est s'infléchit très brusquement le long de la vallée du Song Bang Giang pour passer sous les schistes du Synclinal de Soc Giang. La brusquerie et la rectitude du pli, donnant une belle falaise presque rectiligne sur une quinzaine de kilomètres de longueur, évoquent l'idée d'une faille [LANTENOIS, 26, p. 21]. Il n'en est rien, et dès qu'on pénètre dans le Massif on peut suivre les bancs verticaux de calcaire dont la direction est celle de la falaise.

Le flanc ouest de cet anticlinal, à pendage beaucoup plus faible que le flanc est, admet deux replis secondaires auxquels nous donnons les noms de : Anticlinal de Ban Lich et Anticlinal du Song Tse Lao ; ces replis font réapparaître vers l'Ouest les calcaires ouraliens autochtones du Lung Xung ; nous reverrons ces deux anticlinaux en étudiant la bordure du Binh Lang. L'ensemble des plis du Lung Xung s'enfonce au Sud-Est sous les schistes qui forment le petit massif du Nui Tong Mai.

Ce sont les Schistes tout à fait habituels du Song Hiem, avec Faux poudingues laminés, Grès Singuliers écrasés et rares ophites.

Le contact sud-ouest du massif principal du Lung Xung avec les schistes du Nui Tong Mai n'est pas très net ; les calcaires ne présentent aucun pendage. On voit cependant fort bien, du col voisin de la cote 625, l'ensemble des calcaires passer sous les schistes. Un peu au Sud-Ouest de ce point on voit également, dans un fond de ravin, affleurer les calcaires sous une masse importante de schistes. Ici, non plus, il n'y a pas de faille.

Au Nord, les calcaires du Lung Xung passent également sous les Schistes du Song Hiem qui remplissent en Chine un synclinal compris entre la bordure nord du Lung Xung et le prolongement en Chine de la bordure du Lu Khu ; dans la partie ouest de leur bordure nord, les calcaires du Lung Xung forment un petit anticlinal dont l'axe plonge vers le Nord ; cet anticlinal est bien visible du haut du chemin en lacets à l'Est de Bo Gai.

La partie est de la bordure nord présente une faille nette de peu d'importance.

En divers points, suffisamment indiqués sur la carte, le Dévonien paraît en fenêtre sous l'Ouralien.

b. — La bordure est et sud du Binh Lang.

Nous allons prendre cette bordure à la frontière de Chine, aux environs de Bo Gai, presque au contact des calcaires du Lung Xung, et la suivre vers le Sud.

A Bo Gai (coupe x), dans la vallée qui sépare le Binh Lang du Lung Xung, les calcaires ouraliens charriés du Binh Lang reposent sur les roches vertes qui forment le flanc ouest de la vallée, avec interposition d'une mince lame de calcaires à phtanites dévoniens tout de suite étirés vers le Sud.

Sous la roche verte on voit se terminer, sur le flanc est de la vallée, les calcaires ouraliens du Lung Xung. Des Schistes du Song Hiem laminés s'interposent entre les calcaires du Lung Xung et la roche verte. Ces Schistes prennent une extension considérable au Nord.

Au Sud de Bo Gai nous voyons les calcaires ouraliens du Binh Lang traverser la vallée et remonter sur le flanc ouest du Lung Xung. Aux environs de Lung Roc la coupe iv montre, sur les calcaires ouraliens autochtones du Lung Xung, des roches vertes (porphyrites) très écrasées, qui représentent les « Schistes du Song Hiem ». Au dessus viennent des calcaires à phtanites qui supportent eux-mêmes les calcaires ouraliens du Binh Lang.

Entre Lung Roc et Bo Gai (coupe xi), le Massif du Lung Xung, dans les régions de Bo Ngan et de Ban Chang, où il est formé surtout des calcaires permien autochtones, supporte directement des paquets des calcaires du Binh Lang. Une délimitation exacte de ces paquets est impossible, mais leur existence est prouvée par la présence, à la base des paquets, de masses considérables de brèche calcaire à ciment de calcite.

Si nous suivons vers le Sud-Est la bordure du Binh Lang nous voyons, aux environs de Ban Lich, les calcaires autochtones du Lung Xung paraître à l'Ouest de la vallée, à la faveur de l'Anticlinal de Ban Lich, signalé plus haut. A l'Ouest, les contacts entre les calcaires ouraliens autochtones de l'Anticlinal de Ban Lich et ceux de la lame charriée du Binh Lang sont difficiles à suivre. Il y a cependant entre les deux une zone de broyage comprenant des brèches de calcaires ouraliens à ciment de

calcite et une bouillie de débris calcaires noyés dans des schistes. Cette zone est bien visible à l'Ouest du petit cirque de Coc Quyet, au Nord-Ouest de Trung Trang.

A l'Est de la vallée de Bo Gai, entre l'Anticlinal de Ban Lich et le Lung Xung, le synclinal est comblé par les Schistes du Song Hiem sur lesquels sont conservés les calcaires ouraliens charriés terminant au Sud le paquet des environs de Lung Roc dont il a été question plus haut; sur le flanc même du Lung Xung, les calcaires charriés s'appuient directement sur les calcaires autochtones.

Plus au Sud encore, la région ouest de Trung Trang nous offre un ensemble assez confus où il est difficile de séparer les calcaires autochtones et les calcaires charriés, plissés ensemble.

Ce n'est qu'un peu plus bas qu'on peut voir les calcaires autochtones, formant l'Anticlinal du Song Tse Lao, franchement séparés des calcaires ouraliens charriés du Binh Lang.

Les relations entre les diverses masses sont très nettes suivant la coupe passant par la cote 1127 qui nous montre (coupe VI) les calcaires charriés, avec Fusulinidés, formant falaise sur les Schistes du Song Hiem tandis que les calcaires autochtones paraissent beaucoup plus bas en voûte anticlinale sous les mêmes Schistes. La Photographie A, Pl. II montre bien les éléments tectoniques de la région.

La falaise formée par les calcaires charriés du Binh Lang se poursuit ainsi jusqu'au Sud-Est du Massif, dominant toujours les schistes, sous lesquels les calcaires autochtones ne paraissent plus que par intermittence grâce à l'érosion du Song Tse Lao.

La vallée de la rivière de Nguyen Binh, après sa sortie du Massif du Binh Lang au Nord de Ta Sa, montre encore à Na Ngan la superposition des deux zones calcaires séparées par une mince zone de schistes.

Enfin, au Sud-Est du Massif schisteux du Nui Tong Mai, se trouve un paquet calcaire assez considérable, qui est une dépendance du Binh Lang. A l'Est, ces calcaires écrasent les calcaires de la Zone autochtone dans la vallée du Song Bang Giang, comme nous l'avons dit en étudiant la bordure de la Zone autochtone primaire de l'Est de Cao Bang (coupe IV, Pl. XXIV). Les contacts sont marqués ici par des roches vertes.

Au Sud, le Binh Lang s'appuie, avec un pendage nord bien visible, sur la masse des Schistes du Song Hiem qui contient dans cette région des rhyolithes et des roches vertes très laminées. A Ta Sa, le Massif émet une toute petite digitation.

En différents points situés au voisinage de la bordure ouest et sud, des calcaires dévonien très plissés se montrent sous les calcaires ouraliens à pendage faible.

Ces calcaires dévonien se mettent facilement en série avec la lame des Calcaires moyens. Ils ne reparaissent à l'Est du Binh Lang qu'en un seul point, à Bo Gai, où nous les avons signalés. Leur position, au-dessus d'une partie des Schistes du Song Hiem, ne permet pas de les attribuer au substratum autochtone.

c. — *L'intérieur du Binh Lang.*

Nous pouvons terminer maintenant l'étude du Binh Lang dont la grande masse est, comme nous l'avons dit, en calcaires ouralo-permiens contenant souvent des Fusulinidés; ces calcaires sont accompagnés de la roche ferrugineuse que nous avons signalée au

Lu Khu, roche qui occupe, mélangée aux calcaires, une bande nord-ouest — sud-est passant au Nord de Tap Na ; comme au Lu Khu, la roche ferrugineuse forme ici des mamelons et même des sommets importants atteignant la cote 1000 près de Bo Rac et la cote 1466 un peu plus au Nord-Ouest.

Le Binh Lang renferme, dans sa partie nord, des masses très importantes de roches vertes. Ce sont des gabbros francs passant parfois à des diabases et des ophites ; ils sont souvent chargés en quartz secondaire. Ces roches montent nettement dans les calcaires, comme on peut le voir d'une façon particulièrement nette à Pa Khao (au Sud du grand massif des roches vertes).

Au Sud de Dong Mu quelques schistes appartenant aux Schistes du Song Hiem prennent place entre les calcaires ouraliens et les roches vertes.

Ces roches vertes paraissent appartenir à la même venue que celles que nous avons signalées dans la vallée du Song Niao et dont nous avons indiqué le rôle géologique dans notre étude des Schistes du Song Hiem.

Au point de vue de la structure, le Massif du Binh Lang est, comme le montrent les coupes, presque entièrement formé par la carapace ouralienne ondulée que nous avons mentionnée en étudiant le flanc est de la vallée du Song Niao.

Nous avons vu que cette carapace n'était autre chose qu'un grand lambeau de la Lame du Col des Partisans et que des témoins de calcaires ouraliens, conservés sur les sommets des Schistes du Song Hiem dans la vallée du Song Niao, établissent la continuité.

Des calcaires dévonien appartenant aux « Calcaires moyens » se montrent en fenêtre en divers points sous le manteau ouralien.

Nous ne quitterons pas le Binh Lang sans le comparer au Lu Khu. Ce sont, avec une position tectonique toute différente qui ressort sur une coupe d'ensemble (coupe iv, Pl. XXVI), deux massifs d'allure tout à fait identique.

Tous les deux présentent un substratum dévonien très plissé, à plis souvent presque verticaux, recouvert par une carapace ouralo-permienne à ondulations larges. Les caractères de cet ouralo-permien sont les mêmes dans les deux massifs. La roche ferrugineuse est présente dans les deux et l'aspect géographique est le même.

CHAPITRE V

LES BASSINS TERTIAIRES

Nous avons étudié, dans notre partie stratigraphique, l'extension de ces Bassins dont la répartition nous a également retenus et nous a conduits à des considérations intéressantes de Physiographie.

Nous aurons peu à dire de la structure de ces bassins. Mais leur position fournit des renseignements importants sur les limites d'âge des plissements.

Nous ne nous occuperons que des Bassins de Cao Bang et de That Khe.

a. — *Bassin tertiaire de Cao Bang.*

Ce bassin situé, comme nous le savons, à l'embouchure du Song Hiem dans le Song Bang Giang, a été très fortement attaqué par l'érosion des deux rivières dont les alluvions occupent actuellement une grande surface. J'ai pu constater dans ce bassin les faits suivants :

1° — Tous les dépôts tertiaires, qui débent presque partout par un poudingue à éléments variés, pendent régulièrement et assez fortement vers le Nord-Est, sauf au Sud du Bassin, à 4 kilomètres de Cao Bang, où les bancs pendent vers le Nord.

2° — Les terrains tertiaires s'appuient indifféremment à l'Ouest sur les divers éléments des Schistes du Song Hiem, schistes, rhyolithes ou roches vertes. Dans la commune de Vu Thuy, à une dizaine de kilomètres à l'Ouest-Nord-Ouest de Cao Bang, et dans la région de Nuoc Hai, ils s'appuient même sur la zone de broyage que nous avons signalée entre les Schistes du Song Hiem et leur substratum.

3° — Le Bassin tertiaire est brusquement terminé, au Nord-Est de Cao Bang, par une faille qui fait buter les bancs, toujours avec un pendage nord-est, contre les roches éruptives des Schistes du Song Hiem.

4° — Je signalerai enfin qu'une formation particulièrement importante du Bassin tertiaire de Cao Bang, un poudingue à petits galets roulés de quartz blanc, n'appartient ni à la base, ni à la partie supérieure, soit que les formations auxquelles ces quartz ont été empruntés soient plus récentes que les premiers dépôts tertiaires, soit que l'érosion n'ait mis ces formations au jour que postérieurement à ces premiers dépôts (1).

(1) Peut-être y a-t-il corrélation entre le dépôt de ces poudingues et la venue de nombreux filons de quartz dépendant du batholithe du Pia Oac.

b. — *Bassin tertiaire de That Khe.*

Plus exigü et plus érodé encore que celui de Cao Bang, le Bassin de That Khe ne nous apprend rien de plus. Il repose indifféremment sur les rhyolithes au Nord, sur les porphyrites à l'Ouest, sur le Secondaire de Bi Nhi et les rhyolithes à l'Est. Il est très faiblement plissé en une petite cuvette synclinale allongée.

Les Bassins tertiaires de That Khe et de Cao Bang contiennent dans leurs poudingues, des rhyolithes, des Grès Singuliers et des roches vertes.

Ils s'appuient indifféremment sur les éléments des Schistes charriés du Song Hiem où sur des terrains du substratum de ces Schistes. Enfin, ils sont plissés postérieurement à leur dépôt.

Ces faits ont le grand intérêt de nous montrer que les charriages sont antérieurs à l'Oligocène, ainsi que les roches éruptives. Ils nous ont permis également de nous faire une idée des plissements, parfois accompagnés de failles, postérieurs aux charriages, plissements que nous avons étudiés dans notre chapitre de Physiographie.

CHAPITRE VI

LES RELATIONS DES ELEMENTS STRUCTURAUX DU NORD-EST DU TONKIN.

Nous avons étudié dans nos précédents chapitres les éléments structuraux du Nord-Est du Tonkin et nous avons vu des Massifs autochtones, une « Série intermédiaire » et des Nappes. Je vais essayer dans ce chapitre de justifier la structure d'ensemble de cette région telle qu'elle ressort de mes coupes et de dégager le rôle, et si possible l'origine, de chacun des éléments charriés.

Les coupes que nous avons déjà données indiquent suffisamment la structure d'ensemble du Nord-Est du Tonkin. Il est utile de les comparer aux coupes antérieurement établies, coupes auxquelles nous avons fait mainte fois allusion dans les pages précédentes.

Nous allons donc examiner successivement :

1. Les coupes de M. ZEIL dans la région de That Khe [50].
2. Les coupes de M. DEPRAT dans la région Ha Giang — Yen Minh, coupes intéressant l'angle nord-ouest de la feuille de Bao Lac [8].

En même temps nous discuterons une coupe de la même région récemment donnée par M. JACOB et par moi [21].

3. Nous aurons à voir ensuite deux coupes d'ensemble de M. DEPRAT [12] intéressant les régions de Bao Lac et de Cao Bang.

4. Enfin nous terminerons par quelques remarques sur la structure du Nord-Est du Tonkin.

1. COUPES DE LA RÉGION DE THAT KHE

Je ne m'occuperai que des coupes de M. ZEIL [50, Pl. 11], M. GIRAUD n'ayant donné de cette région que des coupes stratigraphiques de détail que nous avons déjà discutées.

Dans toutes ses coupes M. ZEIL, qui n'avait pas soupçonné l'existence des mouvements de charriage, place au bas de sa série stratigraphique nos Schistes du Song Hiem (1) ; cette double erreur a conduit M. ZEIL à dresser des coupes si différentes de la réalité qu'il n'est possible de les discuter ni dans l'ensemble, ni dans le détail.

(1) Comme nous l'avons dit dans notre partie stratigraphique, M. ZEIL a rectifié sur sa carte [54] l'attribution des Schistes du Song Hiem (Schistes du Système X).

2. COUPES DE LA RÉGION DE HA GIANG

Le gros mémoire de M. DEPRAT sur le Nord du Tonkin [8] est accompagné de coupes nombreuses et détaillées.

Les Nappes que j'ai étudiées dans la région de Bao Lac et de Cao Bang n'étant que le prolongement de celles de M. DEPRAT dans la région de Ha Giang, il est utile de comparer aux nôtres les coupes que M. DEPRAT a données de cette région. Nous avons donc à voir, dans l'ouvrage de M. DEPRAT [8] les coupes des Figures 93 p. 148, 95 p. 151, 96 p. 152 et 100 p. 154. Ces coupes sont en continuité tectonique.

Elles nous montrent, d'après M. DEPRAT, sur le Massif cristallin écrasé du Haut Song Chay, la série suivante de bas en haut.

1° — Nappe du Song Mien formant un grand synclinal couché et écrasé de schistes et de calcaires; l'axe du Synclinal est occupé par des calcaires dits « gothlandiens » enveloppés dans des schistes attribués à l'Ordovicien supérieur et au Gothlandien inférieur (Série de Mie Le). Au contact du Massif du Haut Song Chay la série est complétée vers le bas par une formation broyée de calcaires et schistes attribués à l'Ordovicien moyen.

Au Sud-Ouest de la coupe, l'ensemble du Synclinal du Song Mien, dont les calcaires « gothlandiens » forment le Dam Cao, plonge au Nord-Est sous les crêtes de la rive droite du Song Pac Xum [8, fig. 93, p. 148].

Au Nord-Est de la coupe, la nappe du Song Mien, plongeant au Sud-Ouest, reparaît dans la région de Yen Minh où elle est réduite aux Schistes ordoviciens [8, C, Fig. 100, p. 154] qui reposent sur les éléments du Massif du Dong Quan appartenant à la Zone autochtone.

2° La Nappe du Song Mien supporte les lames des Nappes préyunnanaises avec interposition d'une lame de mylonites de granite et de gneiss visible seulement dans la partie sud-ouest de la coupe, au voisinage du Song Pac Xum [8, Fig. 93, p. 148].

3° Enfin, sur la lame des mylonites de granite et de gneiss viennent les lambeaux des Nappes préyunnanaises dans lesquelles M. DEPRAT voit, au plateau de Lang Dan, une lame inférieure cambrienne et une lame supérieure ordovicienne [8, Fig. 95, p. 151]. C'est à cette dernière qu'appartiendrait le Massif du Pou Ta Kha [8, B, Fig. 93, p. 148].

Au Nord-Est de la coupe, près de Yen Minh, la série stratigraphique se complète par l'Ouralien. Au Col des Partisans cet Ouralien repose directement, après étirement du Cambrien et de l'Ordovicien, sur les Schistes de la Nappe du Song Mien.

Si l'on veut considérer dans la coupe de M. DEPRAT seulement trois ensembles, les terrains autochtones, les lambeaux charriés, et, entre les deux, une lame intermédiaire, je suis d'accord avec M. DEPRAT.

Suivant la coupe de Ha Giang-Yen Minh (coupe 1, Pl. XXVI), on peut constater en effet l'existence, sur des massifs autochtones (le Massif du Haut Song Chay au Sud-Ouest, le Dong Quan au Nord-Est), d'une lame intermédiaire paraissant aux environs de Ha Giang et à Yen Minh, et supportant un ensemble charrié d'origine plus interne (1).

(1) M. JACOB et moi avons donné de cette coupe [21, p. 41] à la suite d'un itinéraire trop hâtif et faute d'avoir pu nous étendre latéralement pour étudier les contacts, une interprétation erronée, du moins pour la partie sud-occidentale. Les paquets 4 a b des environs de Ha Giang passent sous le Dam Cao qui plonge au Nord-Est. Ce dernier ne prolonge pas les calcaires du plateau de Lang Dan dont il est séparé par les terrains du Song Pac Xum qui plongent également au Nord-Est sous le plateau de Lang Dan, ainsi que l'indique M. DEPRAT.

En revanche, en dehors même des attributions d'âge que rien ne justifie, je ne puis partager la manière de voir de M. DEPRAT dans l'interprétation des différentes parties de sa coupe.

Je vais étudier successivement chacun des éléments de la coupe de M. DEPRAT, soit de bas en haut, les terrains autochtones, la nappe du Song Mien à laquelle je joindrai la lame des mylonites de granite et de gneiss, et enfin les lambeaux des Nappes préynanaises.

a. — *Les terrains autochtones.*

Je n'ai rien à dire du Massif de gneiss du Haut Song Chay dont je n'ai étudié que la bordure est sur une faible longueur. Ce Massif est pour moi, comme pour M. DEPRAT, un massif autochtone plus ou moins écrasé.

En ce qui concerne le Massif du Dong Quan, ce que j'ai pu voir, dans mes dernières courses, de sa bordure sud, ne fait que confirmer l'interprétation que M. JACOB et moi avons déjà donnée [21, pp. 15 et suivantes]. J'ai pu constater que partout la bordure sud du Dong Quan plonge vers le Sud sous les schistes des vallées du Song Mien et du Song Nhiem.

b. — *La Nappe du Song Mien.*

Pour M. DEPRAT [8, p. 156] la Nappe du Song Mien « n'est qu'un repli énorme de la zone autochtone, rabattu sur elle et écrasé par les Nappes supérieures ».

La Nappe du Song Mien de M. DEPRAT correspond, pour une de ses parties seulement, à l'ensemble que j'ai appelé Schistes du Song Hiem.

Elle comprend en plus les calcaires de ma Lame de Ha Giang (Série de Ma Pi Leun de M. DEPRAT), et, à la base, les calcaires et schistes que je considère, sur ma coupe 11, Fig. 35, sans preuves d'ailleurs, et seulement d'après leur position, comme appartenant au revêtement autochtone du Massif du Haut Song Chay.

Suivant la coupe que nous étudions, les pendages d'ensemble indiqués par les dessins de M. DEPRAT sont conformes à ceux que j'ai notés sur le terrain et qui figurent sur mes coupes. En dehors de points assez limités, ces pendages sont bien visibles et très constants.

De plus, j'ai pu suivre les schistes de la Nappe du Song Mien affleurant aux environs de Yen Minh [8, C, Fig. 100, p. 154], tout le long des vallées du Song Nhiem, du Song Niao et du Haut Song Nang, etc., et les raccorder, soit par le Nord du Pia Oac, soit par dessus l'Isthme qui réunit le Dôme de Ngan Son à l'Anticlinal du Coc Xo, aux schistes qui occupent les bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang, et à ceux de la vallée du Song Cau, où se trouvent les charbonnages rhétiens de Phan Me.

Les schistes du Song Mien à Yen Minh sont donc bien les mêmes que les Schistes du Song Hiem ; et non seulement leur position tectonique est la même, chevauchant : à Yen Minh la bordure sud du Dong Quan ; aux environs de Cao Bang la lisière ouest du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, mais encore leur composition lithologique est la même : à 150 kilomètres de distance ce sont les mêmes Grès Singuliers à points blancs ; tout le long existent des intercalations de rhyolithes plus ou moins écrasées.

en de nombreux points, l'horizon supérieur est formé par la Brèche des sommets que nous avons décrite.

Or, mes Schistes du Song Hiem, que j'ai comparés à la *Série intermédiaire* de M. JACOB [20, p. 186], sont pour moi la partie la plus élevée du manteau du substratum entraîné par le mouvement des Nappes. Je n'ai de cela aucune preuve, mais des probabilités sérieuses : l'existence commune des rhyolithes dans les Schistes du Song Hiem et dans le revêtement triasique de la Région de Lang Son qui, lui, appartient au manteau décollé du substratum autochtone ; la continuité probable, aux environs de That Khe, et peut être au Sud de Na Cham, entre ces Schistes du Song Hiem et le Trias ; la continuité stratigraphique, plus nette encore, entre les Schistes du Song Hiem dans la région de Bac Kan et le Rhétien de Phan Me.

Ici encore, je reste très près des hypothèses de M. DEPRAT dont les grandes lignes de la tectonique de la région de Ha Giang sont à retenir.

J'attribue également aux Schistes du Song Hiem les schistes qui reposent, au Nord de Ha Giang, sur le Dam Cao.

Je vais maintenant montrer les différences de vue qui séparent mon interprétation de celle de M. DEPRAT.

Je ne puis admettre pour la Nappe du Song Mien un grand synclinal couché, dont les calcaires du Dam Cao occupent l'axe. Si cette hypothèse est soutenable en considérant seulement la coupe de Ha Giang à Yen Minh, coupe qui montre le flanc inverse de ce synclinal peu à peu étiré vers le Nord-Est, de sorte qu'il ne reste plus dans la région de Yen Minh que les schistes du flanc direct plus ou moins décollés sur leur substratum, il n'en est pas de même si l'on considère une coupe allant, par exemple, du Massif du Haut Song Chay au Pia Oac ; cette coupe nous montrerait en effet, dans la vallée du Haut Song Nang, les calcaires (Gothlandien de M. DEPRAT) entre les deux flancs du Synclinal de schistes (Ordovicien et Gothlandien inférieur de M. DEPRAT), avec une épaisseur très réduite, à plus de 100 kilomètres du fond du Synclinal.

Et même si l'on admettait un pareil rebroussement du flanc inverse du Synclinal, cela ne suffirait pas à expliquer les écailles, visibles sur notre coupe VI, situées au Nord du Dôme du Nui Tong Tinh.

Aussi, les calcaires gothlandiens de la Nappe du Song Mien de M. DEPRAT, calcaires qui correspondent à ce que nous avons appelé « Calcaire de la lame de Ha Giang » à l'Ouest, « Calcaires moyens » à l'Est, ne peuvent être considérés comme occupant l'axe d'un mince synclinal couché, mais comme formant une lame indépendante. Mais les schistes dans lesquels cette lame est prise appartiennent, tant ceux du dessus que ceux du dessous, à nos Schistes du Song Hiem, comme nous l'avons montré dans notre étude de la vallée du Song Niao.

En définitives j'admet l'existence, sur les terrains autochtones dont la partie supérieure a été plus ou moins décollée, d'une lame de Schistes (lame inférieure des Schistes du Song Hiem), puis d'une lame calcaire sur laquelle reposerait une nouvelle lame de Schistes (Lame supérieure des Schistes du Song Hiem).

La seule objection possible, en faveur de l'hypothèse de M. DEPRAT, serait que, sous l'influence de l'entraînement provoqué par les lambeaux des Nappes préyunnaises, tandis que le flanc direct du synclinal était écrasé et plissé, le noyau calcaire et le flanc inverse étaient étirés et morcelés, laissant des témoins tout le long du chemin

parcouru par les Nappes supérieures. Cette hypothèse explique parfaitement tous les affleurements, mais elle ne peut être retenue parce que les schistes du Synclinal, au-dessus et au-dessous des lambeaux calcaires qui occupent l'axe, appartiennent très vraisemblablement au Secondaire, tandis que les calcaires eux-mêmes, supérieurs aux Schistes, sont dévonien, comme nous l'avons montré plus haut.

Nous avons ainsi une lame dévonienne entre deux lames comprenant des terrains du Secondaire, ce qui exclut l'hypothèse d'un synclinal couché, présentée par M. DEPRAT.

Je n'insisterai pas sur l'attribution par M. DEPRAT à la Nappe du Song Mien [8, B, Fig. 93, p. 148] des calcaires qui, au Sud de Ha Giang, reposent sur le Massif cristallin du Haut Song Chay; dans l'hypothèse de M. Deprat il ne restait pas place pour une autre interprétation de ces terrains. Je les considère plutôt comme appartenant à la couverture décollée du Massif du Haut Song Chay.

Mais étant donné la complexité déjà grande des Schistes de la Rivière Claire, il est difficile d'établir une coupure tectonique entre ces deux terrains.

Nous avons vu que, vers le Sud, tout l'ensemble passe à la Zone du Bas Song Gam.

Occupons-nous maintenant de la lame des mylonites de granite et de gneiss traversée par la vallée du Song Pac Xum, et dont M. Deprat voit les racines dans le Massif du Haut Song Chay.

Le seul élément de discussion que je possède sur cette lame, en dehors de sa position et d'échantillons de roches broyées à tel point qu'il est impossible de donner une diagnose quelconque (on ne voit que du quartz) est une rhyolithe typique, très écrasée d'ailleurs, rapportée par M. DUSSAULT.

L'ensemble de cette lame supporte des calcaires très étirés, visibles sous le pont du gîte d'étape du Song Pac Xum. Elle ne correspond nullement aux séries cristallophylliennes de la base de nos Nappes du Song Gam.

Par continuité, ainsi qu'on peut le voir sur la série des coupes de ma Planche XXVI, par la nature de l'ensemble qui se rapproche beaucoup des roches siliceuses écrasées que j'ai mentionnées assez souvent à la base des Schistes du Song Hiem, par la présence de rhyolithes laminées, je suis amené à faire de cette lame un élément de mes Schistes du Song Hiem. Cette lame ne se continue pas vers le Sud-Est et ne reparait pas dans la région de Yen Minh. En revanche, des formations identiques deviennent très fréquentes, beaucoup plus au Sud, dans la Zone du Bas Song Gam.

c. — *Les lambeaux des Nappes préyunnanaïses.*

Les lambeaux des Nappes préyunnanaïses dans la Région de Ha Giang correspondent à ma Nappe supérieure du Song Gam.

Pour moi celle-ci débute, au Nord-Est, *au-dessus* des calcaires ouraliens du Col des Partisans; au Sud-Ouest, *sur* les roches éruptives écrasées du Song Pac Xum dont elle est séparée par une mince lame calcaire (coupe 1, Pl. XXVI). Pour M. DEPRAT les lambeaux débutent *sous* les calcaires ouraliens du Col des Partisans dans la coupe Ha Giang — Yen Minh, et *sous* les calcaires occupant tectoniquement le même niveau sur sa coupe [12, Fig. 1] que nous verrons plus loin.

La composition de ces Nappes, ou plutôt de ces lambeaux de Nappes, n'est indiquée par M. DEPRAT, suivant la coupe qui nous occupe, que par son dessin [8, Fig. 95,

p. 151). M. DEPRAT n'a pas poussé plus loin son étude vers le Sud-Est, si nous exceptons les coupes de la Région de Bao Lac et de Cao Bang que nous discuterons un peu plus loin.

Je n'insisterai pas sur la position des formations du Sud de Quan Ba, formations que j'ai retrouvées au Sud-Est en lambeaux isolés, et décrites sous le nom de *Lame du Pia Ya*. Dans toutes les coupes que j'ai relevées, cette lame, que je suis par continuité, occupe la partie supérieure des Nappes, et mes observations ne font que confirmer l'interprétation que M. JACOB et moi avons donnée [21, Fig. 7 a, p. 41].

De même, j'ai constaté que les calcaires ouraliens, lorsqu'ils existent au-dessus des Schistes du Song Hiem (de la Nappe du Song Mien de M. DEPRAT) plongent toujours sous le reste des Nappes. Le dessin que nous avons donné [21, Fig. 7 a, p. 41] se répète tout le long du flanc de la vallée du Song Nhiem, de la même façon qu'au Col des Partisans où ces calcaires ouraliens passent sous les calcaires du plateau de Quan Ba, et non dessus, comme le figure M. DEPRAT [8, Fig. 96, p. 152].

C'est tout ce que j'ai à dire sur ces lambeaux de Nappes correspondant dans leur ensemble, comme on l'a vu, à mes Nappes du Song Gam, mais qui ne présentent pas, suivant la coupe Ha Giang — Yen Minh, des lames aussi nettes que celles que l'on peut voir beaucoup plus au Sud-Est sur la feuille de Bao Lac.

3. — COUPES DES REGIONS DE BAO LAC ET DE CAO BANG

Sous le titre de « La Zone frontale des Nappes préyunnanaises dans les Régions de Bao Lac et de Cao Bang » M. DEPRAT [12] a voulu montrer le prolongement au Sud-Est des éléments que nous venons de discuter.

Les deux coupes qui appuient cette note traversent la majeure partie de la région sur laquelle, depuis trois ans, j'ai porté mes études. L'interprétation du terrain que ces deux coupes mettent en relief s'éloigne beaucoup plus de ce que j'ai pu constater que celles que nous venons d'examiner dans la région de Ha Giang. Nous allons voir successivement ces deux coupes.

A. — Coupe Fig. 1 passant par les environs de Bao Lac.

Nous allons prendre cette coupe (relevée à peu de distance de ma coupe III, Pl. XXVI) de l'Est à l'Ouest.

Je n'ai pas vu la région autochtone située en dehors de la frontière.

Entre le ruisseau de Nam Quet et Mi Poug ma coupe est toute différente de celle de M. DEPRAT. Les niveaux 3 et 6 de M. DEPRAT sont constitués en réalité par les Schistes du Song Hiem, avec, dans les fonds, quelques rares affleurements de roches vertes, et quelques calcaires appartenant au substratum autochtone. J'ai montré dans mon étude de la vallée de Song Niao, que la succession des assises était la même, à partir des terrains autochtones vers Nam Quet au Nord-Est, et vers la zone de Mi Poug au Sud-Ouest. C'est la même série, de bas en haut, de roches vertes, de schistes avec rhyolithes écrasées, et de Brèche des sommets, série couronnée de part et d'autre par les mêmes calcaires qui m'ont fourni des Favosités dévoniens près de Nam Quet. Les

calcaires 8 de Nam Quet sont donc les mêmes que les calcaires 3 de l'Ouest de Mi Poug. Ce sont mes « Calcaires moyens ».

Nous n'avons donc rien à retenir de la zone d'écaillage de bordure indiquée sur la coupe Fig. 1 de M. DEPRAT.

Entre le ruisseau de Quang Quang et Mi Poug les deux lames de calcaires désignées sous le n° 5 existent, mais sont différentes.

La lame orientale est, comme nous venons de le voir, dévonienne. La lame occidentale, dont on peut établir la continuité avec le soubassement du Pia Ya vers le Sud, avec les calcaires du Col des Partisans vers le Nord, est surtout ouralo-permienne.

Les schistes entre les deux lames calcaires font bien partie de nos Schistes du Song Hiem, et par conséquent de la Nappe du Song Mien de M. DEPRAT.

Je suis d'accord avec M. DEPRAT sur la position, dans cette coupe, de la base de ses Nappes préyunnanaïses qui débute, sinon sur la coupe même, mais un peu plus au Sud, par des terrains cristallophylliens mylonitiques.

B. — Coupe Fig. 2 par le Pia Oac et les Ba Chau.

Cette coupe correspond à peu près à ma coupe VI, Pl. XXVI.

Je vais suivre de l'Est à l'Ouest, comme la précédente, la coupe de M. DEPRAT, coupe qui nous montre successivement la Région autochtone des Ba Chau, une zone d'écailllements de bordure, le prolongement sud-est de la Nappe du Song Mien et la zone frontale des Nappes préyunnanaïses avec le Massif du Pia Oac.

I. — *La Région autochtone des Ba Chau.* — Comme on peut le voir sur mes coupes des Figures 10, p. 134 ; 17, p. 164, et celles de la Planche XXIV, mon interprétation du Pays des Ba Chau diffère totalement de celle de M. DEPRAT.

En de nombreux points de la bordure j'ai pu voir les calcaires ouraliens, qui forment le manteau à peu près horizontal du Massif de l'Est de Cao Bang, s'enfoncer par un pli brusque sous les Schistes du Song Hiem.

Dans la Région de Quang Uyen en particulier, on voit très bien cet entablement ouralien et non gothlandien, s'appuyant, comme nous l'avons longuement exposé, sur le Dévonien plissé en plis plus ou moins aigus ; cette allure est toute différente de celle représentée par la coupe de M. DEPRAT où des calcaires dits gothlandiens sont pincés en synclinaux profonds dans les schistes sous-jacents.

Je signale également que les schistes de l'Est de Vu Thuy, considérés par M. DEPRAT comme faisant partie des schistes de la région autochtone, prennent place en réalité dans l'ensemble de mes Schistes du Song Hiem. A l'Est de Vu Thuy ces schistes, tout différents des schistes dévoniens du substratum autochtone, renferment en effet les rhyolithes et les porphyrites écrasées que nous connaissons dans les Schistes du Song Hiem, et même, au voisinage du Massif calcaire, les mylonites siliceuses que nous avons signalées en divers points.

II. — *Les écailllements de bordure.* — La zone d'écailllements de bordure indiquée par M. DEPRAT sur sa coupe est en continuité, comme nous l'avons dit, avec les schistes des vallées du Song Mien et du Song Nhiem appartenant à la Nappe du Song

Hiem. La composition lithologique est également la même. Aussi j'estime que cette zone d'écailllements de bordure n'existe pas plus dans la coupe II que dans la coupe I de M. DEPRAT. Nous sommes déjà dans les Schistes du Song Hiem. Et s'il existe bien, comme aux environs de Na Num, des terrains fossilifères dévoniens, nous avons vu que ces terrains appartiennent au substratum autochtone et paraissent en fenêtre sous les Schistes du Song Hiem (Fenêtre du Dévonien supérieur de Phieng Dia).

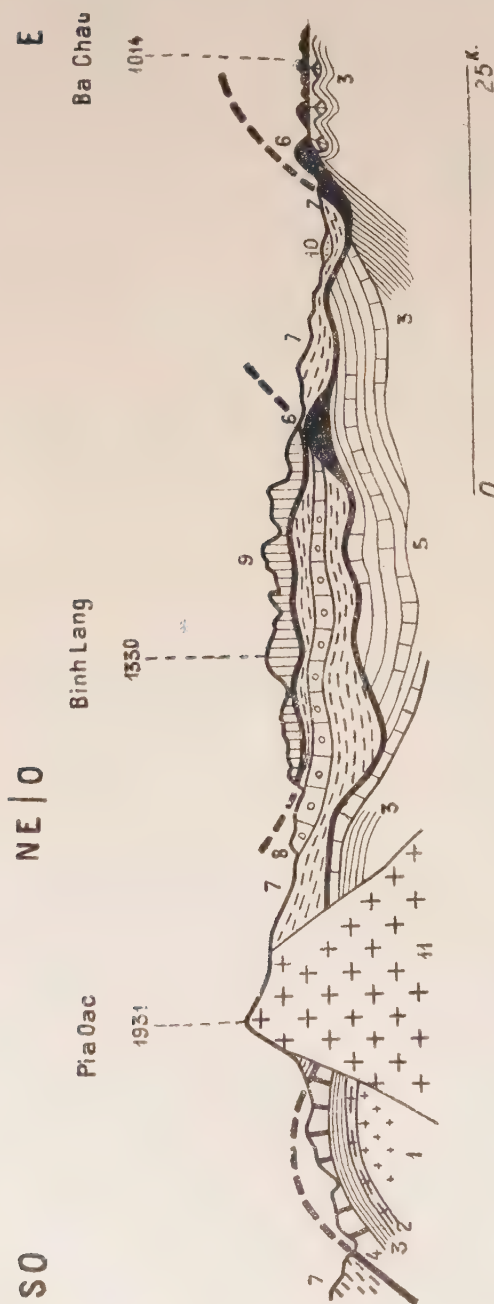


FIG. 37. — Coupe schématique de la Région de Cao-Bang.

LÉGENDE : Région autochtone. — 1. Granite. — 2. Terrains cristallophylliens. — 3. Schistes eiféliens. — 4. Calcaires dévoniens. — 5. Complexe schisto-calcaire du Dévonien supérieur. — 6. Calcaires ouralo-permiens. Schistes du Song Hiem. — 7. Schistes et grès. Lambeau du Binh Lang. — 8. Lame des Calcaires moyens (Dévonien). — 9. Lame du Col des Partisans (Ouralo-permien). Bassin tertiaire de Cao Bang. — 10. Schistes et poudingues. Massif du Pia Oac. — 11. Granulite.

III. — Le prolongement sud-est de la Nappe du Song Mien, la zone frontale des Nappes préyunnanaïses et le Pia Oac. — Ici surtout, je ne puis admettre la coupe donnée par M. DEPRAT. J'ai établi (Voir Chapitre II : Le Dôme du Nui Tong Tinh et le Pia Oac) que le Pia Oac était un batholithe granulitique en place, monté dans une série complexe postérieurement aux charriages. J'ai fait voir également que le Nui Tong Tinh, à l'Ouest du Pia Oac, était un dôme de terrains autochtones, en continuité avec le Dôme de Ngan Son, présentant en son centre des terrains cristallophylliens en relation avec un granite ancien en place, granite qui affleure plus au Sud dans le Dôme de Ngan Son.

Il n'y a pas, comme le montre la coupe de M. DEPRAT, de terrains cristallo-

phylliens reposant sur le flanc est du Pia Oac ; mais en revanche j'ai vu sur ce flanc du Pia Oac les Schistes du Song Hiem, avec importante masse de rhyolithes laminées métamorphisées au contact de la granulite.

La coupe sud-ouest — nord-est passant par le Pia Oac, ne montre pas, à l'Ouest de celui-ci, des schistes entre les calcaires du Massif du Nui Tong Tinh et la granulite. La granulite est directement au contact des schistes dévoniens du substratum. Plus au Nord cette granulite est au contact de calcaires marmorisés plongeant au Nord ; et ce n'est que plus au Nord encore que les Schistes du Song Hiem viennent reposer sur les calcaires et sont mordus par la granulite.

Je suis toutefois d'accord avec M. DEPRAT pour voir dans le Binh Lang un lambeau de Nappes plus élevées, reposant sur les Schistes du Song Hiem. Le Binh Lang est d'ailleurs moins compliqué que ne le représente M. DEPRAT, et il est formé surtout de calcaires ouralo-permiens et non gothlandiens. Nous avons vu qu'il appartient en grande partie à notre Lame du Col des Partisans.

Je donne ci-contre une coupe schématique suivant le profil même présenté par M. DEPRAT, bien que ce profil ne corresponde que très peu à la réalité. En particulier, le flanc ouest du Pia Oac est beaucoup moins escarpé, (Photographie D, Pl. XI) et les successions d'affleurements des schistes et calcaires du Binh Lang sont beaucoup moins régulières que ne le figure M. DEPRAT.

Si nous résumons les discussions précédentes, nous pouvons voir que M. DEPRAT s'était rendu compte de l'existence, dans les régions de Bao Lac et de Cao Bang, des trois grandes unités tectoniques que nous y avons définies, mais qu'il n'avait pu en préciser, ni l'étendue, ni même, souvent les rapports mutuels. Les coupes trop détaillées qu'il a données de ces régions ne correspondent pas du tout à la réalité.

En particulier, M. DEPRAT ne paraît pas avoir vu l'étendue réelle de nos Schistes du Song Hiem, correspondant à une partie de sa Nappe du Song Mien.

Enfin, pour des points importants, comme par exemple la nature des granulites du Pia Oac, les hypothèses de M. DEPRAT ne sont nullement d'accord avec les faits observés.

4. — REMARQUES SUR LA STRUCTURE DU NORD-EST DU TONKIN

Nous avons, dès le début de notre étude, indiqué les grandes lignes de la structure du Nord-Est du Tonkin pour y trouver le plan de notre exposé.

Nous avons décrit des terrains autochtones, une lame intermédiaire que nous avons appelée « Schistes du Song Hiem », et des Nappes.

Ces divers éléments affleurent à la faveur de plis concentriques, ayant pour centre commun le Massif du Haut Song Chay ; dans les anticlinaux se montrent les Massifs autochtones, tandis que les éléments charriés ont été conservés dans les dépressions synclinales.

Nous avons vu également que les Massifs autochtones avaient subi le contre-coup des charriages et que le mouvement des Nappes était traduit dans ces massifs, non seulement par des écrasements plus ou moins intenses et des suppressions de séries, mais aussi par le plissement des couches sous-jacentes ou peut-être par la déformation de plis faibles pré-existants (Plissement du Dévonien sous le manteau ouralien dans le Massif de l'Est de Cao Bang).

Pouvons-nous, d'après ce que nous avons vu, nous faire une idée des plissements successifs dans le Nord-Est du Tonkin, du rôle des éléments tectoniques et de l'origine des Nappes ?

a. — *Les plissements.*

MM. ZEIL [50] et LANTENOIS [26] avaient admis l'hypothèse de plissements hercyniens, hypothèse basée sur la transgression de l'Ouralien sur un substratum plissé. Ils font allusion également à un plissement plus ancien en s'appuyant sur la discordance existant entre le Siluro-Dévonien et les Schistes X considérés comme antérieurs au Siluro-Dévonien.

Toutes ces hypothèses tombent devant le fait que les Schistes X (Schistes du Song Hiem) ne sont pas en place, et que l'Ouralien a été décollé et traîné sur son substratum dévonien.

Ce substratum dévonien était-il plissé antérieurement aux charriages ? Il est difficile de répondre avec certitude. Dans la Fenêtre de Yen Lac il semble que des plis faibles aient existé avant l'époque des charriages, car il y a discordance entre les plis du Dévonien et d'autres plis, également peu importants, affectant à la fois le Dévonien et sa couverture charriée des Schistes du Song Hiem. Mais il n'est pas impossible que ces plis dévoniens n'aient fait que précéder de peu le mouvement des Nappes, au moment où les mouvements tangentiels, qui sont la cause des charriages, ont commencé à se faire sentir. De même, le plissement en dômes du substratum du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang est moins probant encore ; il montre au contraire, de la façon la plus nette, l'influence du mouvement de charriage sur le plissement du Dévonien du substratum.

Il est donc possible qu'il y ait eu un plissement faible avant les charriages. En tous cas, il n'est pas permis de parler, dans le Nord-Est du Tonkin, de grands plissements, hercyniens ou autres, antérieurs à l'époque des charriages.

Je n'insisterai pas sur les mouvements orogéniques dont les charriages ont été la conséquence. Au point de vue de leur âge, nous savons seulement qu'ils sont postérieurs au Trias, (dans d'autres régions du Tonkin des terrains jurassiques sont charriés), et antérieurs aux bassins lacustres mio-pliocènes, peut-être oligocènes.

Il semble probable que ces mouvements appartiennent aux plissements himalayens, mais cela n'est nullement démontré.

Nous avons à considérer maintenant les plissements qui ont affecté à la fois le substratum autochtone et les Nappes.

J'ai insisté sur le plissement en arcs concentriques qui caractérise la région nord-est du Tonkin. Si l'on observe que les plis ne se correspondent pas très exactement dans les divers éléments charriés (à Yen Lac les plis de l'Ouralo-permien ne correspondent dans le détail ni avec ceux des Schistes du Song Hiem, ni avec ceux du substratum dévonien), on peut conclure que ce plissement s'effectuait en même temps que le mouvement de glissement des lames. Le plissement en arc du Nord-Est du Tonkin aurait donc pour origine les mouvements eux-mêmes qui ont occasionné les charriages et serait de la même époque.

Postérieurement aux charriages ont eu lieu des mouvements sur lesquels nous nous sommes étendus dans notre étude de Physiographie ; je les rappelle ici pour mémoire. Ce sont :

1^o Le plissement de direction nord-ouest — sud-est signalé depuis longtemps, notamment par M. LANTENOIS [26], plissement qui a fourni les dépressions dans lesquelles se sont effectués les dépôts tertiaires, et qui s'est continué, comme nous l'avons vu, postérieurement à ces dépôts.

2^o Les mouvements épeirogéniques ou peut-être eustatiques, signalés par M. DEPRAT [5 et 8].

b. — *Le rôle des éléments tectoniques et l'origine des Nappes.*

Je n'ai pas grand chose à dire sur l'origine des Nappes du Song Gam. Il n'y a pas, dans le Nord-Est du Tonkin, depuis le Massif du Haut Song Chay jusqu'à la frontière est, de pays de racines.

Je ne puis faire que des hypothèses.

Je crois probable que la Lame de Ha Giang et les terrains broyés qui existent sous elle, au dessus des Schistes du Song Hiem, sont enracinés dans la Zone de Pa Kha, à l'Ouest du Massif du Haut Song Chay. Ces terrains semblent se continuer jusqu'à la Zone de Pa Kha en contournant au Sud le Massif du Haut Song Chay. Leur partie inférieure est identique à la Série du Nui Rao de M. DUSSAULT [JACOB, 20, p. 160], série qui, pour M. JACOB et pour moi, se reliait à la Zone de Pa Kha. J'ai dit plus haut que la Série ou Nappe du Nui Rao (ma Zone du Bas Song Gam) n'était que la continuation vers le Sud, réduits en bouillie, des divers éléments qui constituent ma Nappe inférieure du Song Gam et de lambeaux arrachés tant à la Série intermédiaire (Rhyolites, Schistes du Song Hiem, Brèche des sommets), qu'au substratum autochtone.

Les lames supérieures, ou Nappe supérieure du Song Gam, qui débutent par des granites, des syénites et des gneiss très différents de ceux du Massif du Haut Song Chay, doivent avoir une origine beaucoup plus lointaine que la Lame de Ha Giang ; je ne possède aucune indication qui puisse me donner une idée sur la position de leurs racines.

Quant aux Schistes du Song Hiem, bien que je n'ai pas démontré rigoureusement leur continuité avec les schistes triasiques de la Région de Lang Son et le Rhétien de Phan Me, leur position constante sur les terrains autochtones et leur extension, m'engagent à les considérer comme une zone intermédiaire décollée sur le substratum, de la même façon que l'Ouralo-Permien sur le Dévonien dans la Région autochtone de l'Est de Cao Bang. Par suite de la nature de ses terrains, entièrement schisteux, cette lame a pu facilement être entraînée et plusieurs fois repliée, pinçant entre ses écailles multiples, aussi bien des lambeaux arrachés au substratum, comme nous l'avons vu dans la Région de Cao Bang, que des masses plus ou moins considérables appartenant aux lames supérieures qui ont passé dessus. Cette hypothèse n'est pas en désaccord avec l'extrême complexité des Schistes de la Rivière Claire qui ne contiennent plus que des

débris des Schistes du Song Hiem mêlés à des lambeaux appartenant à la partie inférieure de la Lane de Ha Giang ; elle explique aussi l'existence d'une lane de ces Schistes du Song Hiem, en certains points, au dessus de la Lane de Ha Giang, et surtout la Zone de composition si complexe du Bas Song Gam.

A l'Ouest, ces Schistes du Song Hiem auraient appartenu, avant les charriages, à la couverture du Massif du Haut Song Chay et même à la couverture des terrains qui plus à l'Ouest encore, forment les plis de la Zone de Pa Kha.

Je n'ai pas étudié la terminaison vers le Sud-Est des éléments décollés ou charriés.

Les cartes topographiques montrent que les calcaires ouraliens dépendant du lambeau du Kim Hi et disséminés sur les terrains de la Fenêtre de Yen Lac se prolongent vers le Sud-Sud-Ouest sur la feuille de Pho Binh Gia.

En revanche, j'ai poursuivi l'étude des Nappes, d'une façon sommaire il est vrai, vers le Sud, dans le Sud de la feuille de Bac Kan et le Nord de la feuille de Tuyen Quang.

J'ai pu me rendre compte que la masse de la Nappe supérieure du Song Gam n'atteint pas la région de Cho Chu, et que la Lane supérieure de cette Nappe dépasse à peine vers le Sud la route de Bac Kan à Chiem Hoa.

En revanche, la Nappe inférieure du Song Gam, dont les éléments écrasés et mêlés à des débris divers de leur substratum occupent la Zone du Bas Song Gam, atteignent la région du Tam Dao où M. le Commandant DUSSAULT l'a décrite sous le nom de Nappe du Nui Rao [DUSSAULT in JACOB, 20, p. 159. DUSSAULT, 18^{bis}].

Je mets ci-contre en parallèle, sous forme de tableau, les divers éléments tectoniques du Nord-Est et du Centre du Tonkin.

UNITÉS TECTONIQUES	NORD DU TONKIN ENTRE HA GIANG ET BAC KAN	RÉGION DU TAM DAO (d'après M. le Ct DUSSAULT)	CENTRE DU TONKIN ENTRE TUYEN QUANG ET LA RÉGION DE CHO CHU	CENTRE DU TONKIN ENTRE LA RÉGION DE CHO CHU ET L'ARC DU COC XO	NORD EST DU TO-KIN A L'EST DE L'ARC DU COC XO
Nappe supérieure du Song Gam	Lame du Pia Ya. Lame de Lang Ca Phu. Roches sodiques		Roches sodiques de Kim Quang Thuong		
Nappe inférieure du Song Gam.	Lame du Col des Parti- sans Lame de Bac Me. Lame de Ha Giang.	Nappe du Nui Rao y compris le bastion du Nui Cao Duong et du Cham Chu.	Zone du Bas Song Gam (avec éléments, em- pruntés au substra- tum)		Binh Lang et Kim Hi.
Série intermédiaire		Série de Luc Ra Rhyolithes du Tam Dao.	Brèche des sommets Rhyolithes du Tam Dao.	Rhétien de Phan Me. Brèche des sommets	Brèche des sommets. Schistes du Song Hiem.
Massifs autochtones.	Revêtement du Massif du Haut Song Chay Massif du Haut Song Chay.	Massif cristallin. Massif cristallin.	Massif cristallin de Cho Chu	Massif cristallin.	Trias avec rhyolithes. Massif primaire.

CINQUIEME PARTIE

ETUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES DU NORD-EST DU TONKIN (1).

INTRODUCTION

Les roches éruptives et métamorphiques sont bien représentées dans le Nord-Est du Tonkin. Nous les divisons en deux groupes.

1^o — Roches éruptives acides de profondeur et leur auréole métamorphique (Granites, syénites, gneiss, micaschistes, cornéennes, etc....)

Ces roches feront l'objet de notre premier chapitre.

2^o — Roches d'intrusion ou d'épanchement.

Ces roches sont représentées dans le Nord-Est du Tonkin par deux séries.

A. — Une série à deux temps de consolidation avec excès de silice dans le magma (Rhyolithes et microgranites) que nous étudierons dans le Chapitre II.

B. — Les roches basiques (Chapitre III).

Nous décrirons également dans un quatrième chapitre quelques roches sédimentaires.

Nous nous bornerons à la description de quelques types, l'extension des terrains formés par ces roches prenant place dans la partie stratigraphique de cet ouvrage.

(1) Je présenterai ici l'étude d'un certain nombre de roches. Il est utile de dire que cette étude a été faite au moyen d'un matériel optique assez sommaire et de documents bibliographiques tout à fait restreints.

CHAPITRE I

ROCHES ERUPTIVES ACIDES DE PROFONDEUR

Ces roches forment, dans le Nord-Est du Tonkin, un certain nombre de massifs que nous avons déjà définis. Elles varient généralement d'un massif à l'autre.

Je donnerai ci-dessous la description des types les plus importants et les plus caractéristiques. Il me sera plus commode de grouper ces roches, non d'après une classification pétrographique, mais d'après les régions dont elles proviennent, en étudiant avec chacun des Massifs les roches de l'auréole métamorphique.

Nous verrons donc :

1. — Le Phan Ngame.
2. — Le Nui Tong Tinh.
3. — Les granulites du Pia Oac auxquelles j'ajouterai :
4. — Les minéraux du Pia Oac.
5. — Le Phia Bioc et la Région de Cho Ra.
6. — Le Pia Ya et la Région de Lang Ca Phu.
7. — Le Massif du Pia Ma.
8. — Je terminerai par la comparaison, au point de vue pétrographique, des divers massifs granitiques du Nord-Est du Tonkin.

Je n'étudierai pas spécialement les granites et gneiss du Massif du Haut Song Chay déjà décrits par M. DEPRAT [8].

1. — LE PHAN NGAME

Les granites du Phan Ngame sont des granites à grain fin. Le mica, peu abondant, est plus particulièrement du mica blanc (phlogopite), mais le mica noir (biotite) n'est pas rare et il semble y avoir passage de l'un à l'autre.

Le feldspath est surtout de l'orthose, presque toujours plus ou moins albitisé (microperthite). Il y a parfois du microcline, très rarement de l'oligoclase.

Le quartz est, à beaucoup près, l'élément le plus abondant; il se présente en grains juxtaposés moulés les uns contre les autres. J'ai vu très exceptionnellement dans quelques échantillons des quartz de première consolidation, ayant conservé leur forme propre.

Ces granites sont très écrasés et prennent parfois, par suite de leur écrasement, l'aspect d'un gneiss. Les quartz présentent toujours des extinctions roulantes très marquées; les feldspaths eux-mêmes présentent aussi des extinctions roulantes. Les macles

des feldspaths sont parfois déformées (b, Microphotographie B, Pl. XV). Les micas sont tordus, (b, Microphotographie A, Pl. XV) et parfois complètement émiettés (a, même photographie).

Je décrirai quelques échantillons :

1° *Granite écrasé de Lung Mo* (Microphotographie A, Pl. XV). Ce granite de teinte très claire, montre à l'œil nu des feldspaths dépassant 5 à 6 m/m de longueur (quelques uns atteignent 15 m/m.) très abondants, et des quartz dont un certain nombre ont des formes cristallines propres, comme dans les granulites. Ces quartz peuvent atteindre 2 m/m de diamètre. Quelques rares lamelles assez grandes de biotite verte sont disséminées dans la roche. Elles peuvent dépasser 2 à 3 m/m de diamètre. On voit également de très fines paillettes de mica blanc, assez nombreuses.

Le microscope montre les plus grands quartz complètement brisés avec très fortes extinctions roulantes. Le feldspath est surtout de l'orthose un peu altéré avec nombreux filonnets d'albite (microperthite), également à extinctions roulantes. Il y a aussi un peu d'oligoclase.

Le mica est peu abondant. On voit quelques rares plages de biotite verte et de mica blanc souvent émietté, et parfois complètement laminé entre les autres éléments.

En somme cette roche est un granite un peu porphyroïde écrasé, dont les quartz appartiennent à deux temps de consolidation, le quartz allotriomorphe étant de beaucoup le plus abondant.

2° *Granite, 1 kilomètre sud-est Lung Mo*. Ce granite diffère peu du précédent. Il montre de nombreuses paillettes tordues de mica.

3° *Granite écrasé, 1300 m. est Kouei Yen* (Microphotographie B, Pl. XV). Ce granite présente à l'œil nu l'aspect d'un gneiss. Il est de teinte claire, un peu taché en jaune par de la limonite, et contient de minces bandes discontinues plus foncées.

Au microscope on y voit surtout de l'orthose albitisé (microperthite), et du quartz. Ces éléments présentent des extinctions roulantes très accentuées. Il y a un peu d'oligoclase. La photographie montre un cristal à macles tordues (b). Le mica, en très fines paillettes émiettées, est rare.

L'auréole métamorphique du Phan Ngame comprend des gneiss à grain fin de même composition que le granite. Il existe également de rares lames d'un micaschiste banal, à quartz et mica noir ou vert.

Des calcaires, au voisinage du contact, contiennent du mica vert. Plus loin du granite, on trouve des schistes à séricite en très fines paillettes. Ces schistes, très laminés et tordus, sont extrêmement feuilletés ; c'est entre les feuilletés que se trouve la séricite. Enfin les calcaires sont marmorisés à une grande distance. Ils ne paraissent pas contenir d'autre minéral qu'un peu de pyrite.

2. — LE NUI TONG TINH

Je n'insisterai pas sur les roches du Nui Tong Tinh. Ce sont des gneiss identiques à ceux de l'auréole du Phan Ngame, toujours à grain très fin. On voit aussi dans ce

massif des micaschistes beaucoup plus abondants qu'aux environs du Phan Ngame. Ce sont des micaschistes ordinaires à mica noir, parfois accompagné de mica blanc.

Toutes ces roches sont généralement écrasées.

3. — LES GRANULITES DU PIA OAC

Le Pia Oac est, comme nous l'avons dit, un massif de belle granulite à muscovite.

Le type le plus courant est une roche généralement très altérée, à grands cristaux de quartz idiomorphe dépassant 15 m/m. Il y existe également du quartz moulé de seconde consolidation. Mais l'élément dominant de la roche est du feldspath parfois très altéré, souvent transformé en argile amorphe. Ce feldspath est généralement de l'orthose en très grands cristaux, à macle de Carlsbad à peu près constante, et englobant de petits cristaux de mica blanc et d'albite. Cette dernière forme des cristaux orientés avec l'orthose, à axe tantôt parallèle, tantôt perpendiculaire. Elle existe aussi en très petites plages à contours indistincts formant avec la masse de l'orthose une microperthite confuse. Le mica dominant est de la muscovite en plages plus ou moins grandes.

Ces granulites sont recoupées très fréquemment de nombreux filonnets de quartz. La roche est très grenue, à éléments assez grands. Au contact des terrains encaissants la granulite du Pia Oac change d'aspect. Les cristaux de feldspath sont beaucoup plus grands et le mica noir s'ajoute à la muscovite. On arrive ainsi à une belle granulite porphyroïde à deux micas dans laquelle la majeure partie du quartz est idiomorphe (Photographie B, Pl. XIII). Les quartz hexagonaux ont 6 à 8 m/m de diamètre. Les lamelles de biotite atteignent 5 à 6 m/m, celles de muscovite 3 à 4 m/m. Le feldspath se présente parfois en cristaux allongés dépassant 8 cm. de longueur (Photographie A, Pl. XIII).

Il y a aussi, mais rarement, de l'oligoclase.

Je signalerai, à l'Est de Ban Ho de très joli mica palmé, associé à du quartz et inclus dans la granulite. Ces associations de quartz et muscovite forment des nodules dont la dimension varie de 1 cm. à 5 ou 6 cm. Les éléments, quartz et mica, ne sont que grossièrement orientés. Les nodules sont emballés dans de l'orthose avec microperthite.

Cette roche est représentée par la Photographie D, de la Pl. XII.

La granulite du Pia Oac a exercé à son contact un métamorphisme intense. Au Nord et au Sud on rencontre une auréole de cornéennes.

Ce sont des roches très dures, de couleur sombre, à aspect de quartzite, et parfois de véritables quartzites constitués uniquement de quartz moulé et de biotite. Plus près de la granulite on trouve des bancs de roches chargées d'andalousite, de biotite et de muscovite. L'andalousite est fréquemment altérée et transformée, surtout sur ses bords, en produits micacés.

Ce métamorphisme est bien marqué au Khao Oac (Est du Pia Oac) où ces cornéennes se trouvent parfois à l'état d'inclusion dans la granulite typique à muscovite.

Une coupe mince de ces cornéennes présente des cristaux d'andalousite polychroïque (rose-saumon et blanc), associée à de la muscovite et du quartz, le fond de la roche étant formé de biotite, de muscovite et de quartz, avec de rares grains de magnétite.

Une très jolie cornéenne à andalousite et mica noir se rencontre également au Khao Oac (Photographie B, Pl. XIII). Elle montre de très nombreux cristaux allongés et enchevêtrés d'andalousite, de moins de 1 m/m. de diamètre, englobés dans un fond très riche en biotite. Cette dernière se présente en paillettes orientées dans tous les sens, de 0 m/m. 05 de large sur 0 m/m. 1 à 0 m/m. 2 de long.

Les cristaux d'andalousite sont très altérés sur leur périphérie en damourite, de sorte qu'à l'œil nu ces fines baguettes ont l'aspect de très petits tubes clairs entourant un cylindre sombre. Les surfaces d'érosion présentent ces tubes qui sont restés en saillie sur la roche.

On rencontre également au Khao Oac de beau marbre blanc saccharoïde formé de grains maclés de calcite, moulés les uns sur les autres. Ces grains dépassent 0 m/m. 5.

Les cornéennes du Nord du Pia Oac, à la mine Saint-Alexandre, diffèrent peu de celles du Khao Oac ; elles sont moins riches en andalousite. Le mica noir se montre en nids, sur un fond de quartz avec mica noir plus rare.

L'andalousite ne se rencontre plus sur le flanc ouest du Pia Oac, aux environs de Beau Site et d'Ariane, où l'on trouve, au contact de la granulite, et aussi en enclaves dans cette granulite, des roches noires très dures, très chargées en mica noir, qui sont des micaschistes.

Ces roches paraissent feuilletées (Photographie C, Pl. XII) et présentent des traces d'écrasement. Elles contiennent surtout du mica noir en lits à peu près orientés suivant la schistosité et séparés par des lits de quartz. Le mica blanc est commun, réparti un peu partout dans la masse. On y voit aussi de très petits grains de pyrite ; des inclusions extrêmement fines, avec auréole très sombre, sont fréquentes dans le mica noir.

Ces roches sont de vrais micaschistes, appartenant au Massif du Nui Tong Tinh, et recoupées par les granulites postérieurement aux phénomènes qui ont produit leur écrasement.

Nous ne quitterons pas le Pia Oac sans dire quelques mots des divers minéraux qu'il renferme ; ces minéraux, rares dans la granulite, se trouvent en abondance dans les nombreux filons en stockwerk qui recoupent à la fois la granulite et les cornéennes au contact.

4. — LES MINÉRAUX DU PIA OAC

Le Pia Oac a fourni un nombre assez considérable de minéraux, parfois en très jolis échantillons. Je vais d'abord donner ci-dessous une liste de ces minéraux étudiés par M. DUPOUY [16]. Je compléterai cette liste en décrivant des formes non signalées par M. DUPOUY des mêmes minéraux ; j'indiquerai à la suite d'autres minéraux dont les échantillons sont conservés dans les Collections du Service Géologique de l'Indochine.

Or. — Or alluvionnaire en petites pépites, surtout recueillies dans la cuvette de Tinh Tuc.

Il est probable que cet or provient, non du massif éruptif du Pia Oac, mais des filons fréquents dans les Schistes du Song Hiem.

Réalgar. Orpiment. Mispikel. Stibine. Kermésite.

Molybénite, en petite lamelles empilées suivant a^1 .

La molybdénite existe dans la plupart des filons qui recoupent le Pia Oac. Elle est commune dans le Khao Oac et dans les alluvions de Beau Site.

Blende, galène et pyrite, chalcoppyrite. — Ces minéraux sont signalés par M. DUPOUY comme venant du Pia Oac. La pyrite est assez commune au voisinage des contacts. La blende et la chalcoppyrite existent en filons dans les terrains du Massif du Nui Tong Tinh situés au contact du Pia Oac. Il existe de la galène, associée à de la pyrite de fer et de la dialogite dans le Khao Oac (Pia Oac est). On trouve de la blende dans les filons de Saint Alexandre (Pia Oac nord.)

Marcasite, associée à la pyrite.

Covellite, sur chalcoppyrite avec gangue de quartz.

Fluorine. — Fréquente dans le Massif en cubes ou en octaèdres parfois d'assez fortes dimensions, et aussi en masses sans formes cristallines.

Un très joli échantillon de fluorine verte se présente en octaèdres dont l'arête a 2 cm. environ. Ces octaèdres sont formés d'un empilement de petits cubes dont les faces p sont souvent visibles et dont l'ensemble des troncatures a^1 forme les faces assez grossières de l'octaèdre (Photographie I, Pl. XIV).

Cette fluorine associée à de très jolis petits cristaux de quartz, forme l'éponte d'un filon, au contact de granulite à mica blanc à grain très fin.

De très petits grains de pyrite sont abondants dans la granulite de cet échantillon.

Quartz. — Les cristaux à forme définie sont extrêmement communs.

Rutile. — Le rutile est assez rare. On en trouve cependant des échantillons assez gros.

Cassitérite. — La cassitérite est très abondante dans le Pia Oac, où elle donne lieu à un certain nombre d'exploitations, soit en filons, soit dans les alluvions. M. DUPOUY a signalé les formes de la cassitérite du Pia Oac, et aussi les macles multiples fréquentes. Je donne (Photographie A, Pl. XIV) la photographie d'une de ces macles. Dans certains filons existe de la cassitérite en masses compactes assez importantes au contact des cornéennes (Saint Alexandre).

Ilménite. — Extrêmement abondante dans les alluvions de Tinh Tuc.

J'attribue l'origine de cette ilménite, non aux granulites de Pia Oac, mais aux roches vertes des Schistes du Song Hiem, fréquentes dans la région.

Limonite.

Barytine.

Tungstite.

Scheelite. — Le Service Géologique possède des échantillons de scheelite cristallisée en octaèdres très nets dont le côté dépasse 2 cm. On trouvera (D, Pl. XIV) la photographie d'un de ces échantillons.

Wolfram. — Le wolfram est très abondant dans les filons qui recoupent les cornéennes au contact de la granulite. Il est beaucoup plus rare dans les alluvions. Les cristaux sont très rarement nets.

Je décrirai ci-dessous trois cristaux de wolfram provenant de la mine Saint-Alexandre et offerts par M. VINCENTI au Service Géologique de l'Indochine.

a. — Le premier est un cristal, allongé suivant l'axe, de 8 m/m de côté et de 30 m/m environ de longueur.

Il montre très nettement les faces h^1 cannelées, et les faces miroitantes g^1 . La face p est très réduite, mais visible.

Ce cristal présente deux troncatures o , dont o^2 (A, Fig. 38).

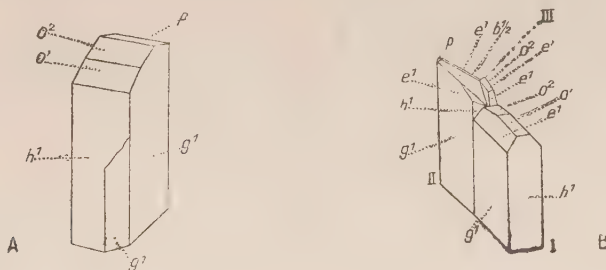


FIG. 38. — Cristaux de wolfram

b. — La photographie B, Pl. XIV montre, en grandeur naturelle, une macle suivant $e^1/2$. L'échantillon est très aplati perpendiculairement à h^1 et n'atteint pas 3 m/m. d'épaisseur.

c. — Il existe enfin des macles polysynthétiques dont un échantillon est représenté par le dessin B, Fig. 38, et par la photographie C, Pl. XIV.

Les cristaux élémentaires présentent les faces $p - h^1 - g^1 - o^2 - o^1 - e^1/2 - e^1$ et $b^1/2$.

Magnétite. — Assez fréquente dans les alluvions. Je l'ai vue assez rarement comme élément de la roche.

Apatite. — L'apatite est signalée par M. DUPUY comme élément accessoire de la granulite. Il existe, venant du Pia Oac, de jolis échantillons macroscopiques.

La forme est le prisme fondamental présentant les faces p , les faces m , les faces h^1 , et d'autres faces h' très inclinées.

Ces cristaux sont parfois un peu aplati suivant p .

Quelques uns sont tout à fait transparents (Photographie G, Pl. XIV). Un autre est opaque et montre de nombreuses stries de clivage suivant p . Ce joli échantillon est

associé à du wolfram, de la pyrite, du quartz et du mica blanc. Il a 8 m/m de diamètre et autant de hauteur (Photographie H, Pl. XIV).

Autunite. — L'autunite du Pia Oac est signalée par M. DUPOUY [16] et par M. LACROIX [24, T. IV, p. 549]. Ce minéral n'est connu que sur le flanc ouest du Pia Oac ; entre le poste du Cao Son et Beau Site, j'ai rencontré de petites lamelles d'autunite dans de la sidérose. Je donne (F, Pl. XIV) la photographie d'un échantillon d'autunite conservé au Service Géologique de l'Indochine.

Tourmaline. — Des tourmalines noires sont communes dans le Pia Oac ; j'en ai rencontré surtout dans des filons de quartz au Sud du Pia Oac, aux environs d'Ariane. On en trouve des morceaux assez gros dans les alluvions de Tinh Tuc.

Grenats. Mélanite. — Almandin dans la granulite.

Enfin, M. DUPOUY cite encore, parmi les minéraux du Pia Oac, les micas, biotite, phlogopite et muscovite, très développés dans la granulite, mais que je n'ai jamais vus en échantillons isolés d'une certaine taille.

Comme minéral microscopique commun dans les roches, on peut signaler l'andalousite. Je n'insiste pas sur les feldspaths que je n'ai jamais pu séparer.

Le Pia Oac a fourni en outre les minéraux suivants :

Dialogite. — Dans le Khao Oac certains filons, souvent rubannés, contiennent une certaine quantité de dialogite associée à du quartz et servant de gangue à de la galène, de la pyrite et un peu de rutile.

Sidérose. — La sidérose n'est pas rare dans le Pia Oac. On la trouve à Saint-Alexandre associée à un peu de calcite et du quartz, dans des filons qui traversent les cornéennes et contiennent de la cassitérite et de la pyrite. J'ai signalé plus haut de la sidérose contenant de l'autunite.

Molybdite. — En rares enduits sur de la molybdénite associée à du wolfram dans du quartz (Khao Oac).

Calcite. — La calcite est rare. Elle fait partie de la gangue de certains filons. Il existe dans les Collections du Service Géologique un bel échantillon de calcite crêtée provenant des environs de Beau Site ; cette calcite est associée à du quartz, de la fluorine et un peu de pyrite.

Hübnerite. — Une poche importante de hübnerite a été trouvée à Beau Site. Ce minéral se présente en longs prismes cannelés de plus de 10 cm. de longueur inclus dans du quartz (Photographie E, Pl. XIV).

Le Pia Oac fournit des minéraux, parfois associés, et appartenant à deux groupes différents, le groupes de l'étain et le groupe des minéraux sulfurés.

5. — LE PHIA BIOC ET LA RÉGION DE CHO RA.

Je distinguerai dans la région du Phia Bioc le massif même des granites, et une zone particulièrement écrasée qui se trouve au Nord, dans la région de Cho Ra, entre Cho Ra et les lacs Ba Be.

La masse du Phia Bioc est formée d'un beau granite porphyroïde à mica noir, homogène dans l'ensemble, et dont je décrirai un seul échantillon.

Les cristaux de feldspath sont surtout de l'orthose montrant très fréquemment la macle de Carlsbad. Ces cristaux, assez trapus, peuvent dépasser 3 ou 4 cm. et sont très abondants.

Le fond du granite est très riche en biotite noire, répartie un peu partout, mais formant souvent aussi des nids au milieu de la roche.

La biotite, en lamelle de 2 à 5 m/m, est moulée par les feldspaths qui sont de l'orthose et de l'oligoclase. Il existe des feldspaths zonés.

Du quartz se moule sur l'ensemble. Les éléments montrent des traces d'écrasement assez marquées. Tous les quartz et la plus grande partie des feldspaths présentent des extinctions roulantes, et les micas sont souvent déformés.

Les schistes métamorphiques sont très abondants sur toute la bordure est du Phia Bioc où j'ai recueilli de nombreux échantillons de micaschistes à mica noir et de cornéennes.

L'un de ces échantillons, provenant du ruisseau de Koue Hao, ne diffère des cornéennes de l'Est du Pia Oac que par son état d'écrasement. Les micas sont tordus. Cette roche contient d'ailleurs les mêmes éléments que celle du Pia Oac, quartz, biotite, mica blanc, andalousite, et pyrite abondante.

Le Nord du Phia Bioc présente des roches particulièrement écrasées, souvent à allure des gneiss.

Un premier échantillon provenant de Ban Vay est à gros grains assez réguliers, mais déjà visiblement écrasé. Le feldspath, surtout de l'orthose, domine. Au microscope, ce feldspath montre des extinctions très roulantes. De la micropegmatite secondaire est abondante. Les micas noirs sont altérés.

Un autre échantillon provenant de Ban Ta est tout aussi écrasé, mais non altéré. Il montre de l'oligoclase à extinctions roulantes, des micas noirs et du quartz assez abondant.

Je signalerai enfin, comme granites de la région de Cho Ra, deux échantillons provenant de Na Khieng et caractérisés par la présence du diopside.

L'un des échantillons, très riche en diopside, présente un fond de quartz en plages ou en petits grains, et de l'oligoclase. Il y a de nombreuses paillettes de biotite et de la pyrite. La micropegmatite est fréquente (Photographie C, Pl. XV).

Un second échantillon se présente à l'œil nu comme un granite à grain fin, chargé en mica noir. Il contient moins de diopside et montre au microscope de l'oligoclase maculé, parfois zoné, avec extinctions roulantes, qui occupe la plus grande partie de la préparation. Il y a aussi du mica, un peu de quartz, de la pyrite et de la micropegmatite.

Ces deux derniers granites paraissent moins écrasés que ceux que nous avons vus précédemment.

Il existe dans la région de Cho Ra de nombreuses roches de métamorphisme. Je signalerai à Na Khieng, au voisinage des granites que nous venons de décrire, une roche sombre très micacée, visiblement écrasée, qui montre au microscope de grands feldspaths avec inclusions de sillimanite et de biotite, et beaucoup de biotite et de quartz.

Enfin les calcaires de la région de Cho Ra sont complètement marmorisés. J'ai recueilli aux grottes de Pong un échantillon de marbre saccharoïde zoné, gris et noir, formé de grains assez gros de calcite très maclée moulés les uns contre les autres.

Au poste même des lacs Ba Be, les calcaires à phanites contiennent de nombreux cristaux microscopiques de wollastonite.

Les granites de la région du Phia Bioc et de Cho Ra sont caractérisés par l'absence de mica blanc, l'abondance de l'oligoclase qui prédomine généralement sur l'orthose, l'abondance de la biotite, et la présence, au moins dans la région de Cho Ra, du diopside.

Tous ces granites et les roches de métamorphisme qui les accompagnent présentent des traces nettes d'écrasement.

Il existe aussi, au Sud du Massif cristallin granitique du Phia Bioc, des granites riches en fines aiguilles de tourmaline.

6. — LE PIA YA ET LA RÉGION DE LANG CA PHU

Le type le plus commun, qui forme la masse même du Pia Ya, est un granite clair, visiblement écrasé, montrant à l'œil nu beaucoup de feldspath blanc, peu de quartz, et de nombreuses et fines paillettes de mica noir qui ont tendance à s'orienter. Il est parfois porphyroïde.

Au microscope le feldspath, très acide et avec filonnets d'albite, se présente en très grandes plages non maclées à extinctions roulantes. Il y a aussi un peu d'oligoclase à macles tordues. Le quartz, brisé et à extinctions roulantes également, remplit les vides. Il n'est pas très abondant. En revanche, la micropegmatite est très commune par imprégnation de quartz des bords des feldspaths, et aussi en inclusion dans ceux-ci.

Les micas noirs sont déchiquetés et tordus. Il y a un peu de chlorite qui épigénise parfois les micas.

C'est un granite identique qui forme le sommet même du Pia Ya.

Un échantillon d'aspect tout à fait semblable montre une association pegmatitique de quartz orientés atteignant 1 m/m, inclus dans une micropertithe. Ici aussi les phénomènes d'écrasement sont traduits par les extinctions roulantes des quartz et des feldspaths et par la torsion des micas.

J'ai rencontré également au voisinage du Pia Ya un granite plus sombre à grain très fin. Cette jolie roche (Microphotographie D, Pl. XV) montre de grandes plages de feldspaths identiques à ceux du granite du Pia Ya. Mais l'ensemble de la roche est formé d'oligoclase en cristaux maclés parfois tordus pouvant atteindre 1 m/m.

La micropegmatite est très fréquente. Le quartz est rare. Le mica noir est très abondant, parfois avec lamelles épigénisées en chlorite qui lui est ainsi associée à axes parallèles.

Enfin, il y a de nombreux cristaux de diopside, ce qui rapproche cette roche de celle que nous avons décrite aux environs de Cho Ra.

Un autre échantillon provenant de la même région, plus sombre encore, et également écrasé, contient, en outre des minéraux précédents, de l'amphibole verte (hornblende) et un peu de zircon. La hornblende est associée à de la biotite (Microphotographie E, Pl. XV).

Il semble qu'on puisse trouver des passages entre ces diverses roches.

Au Sud du Pia Ya, aux environs de Kheo Khoang, l'amphibole hornblende est plus abondante et se présente en cristaux dépassant 3 ou 4 m/m. parfois maclés et très polychroïques.

Il y a encore beaucoup de mica noir, de la micropegmatite et des feldspaths acides en grandes plages. Le zircon est fréquent, ainsi que l'oligoclase souvent à macles tordues.

Cette roche ne diffère de celle du Massif même du Pia Ya que par l'abondance de la hornblende. Les autres éléments sont les mêmes et se présentent de la même façon.

On trouve aux environs du Pia Ya des micaschistes écrasés comprenant uniquement du mica noir et du quartz.

J'ai recueilli à Keo Kuong une jolie roche à aspect gneissique, à grain très fin, de teinte gris bleuâtre, formée en majeure partie de grains de quartz à extinctions roulantes et de petits grains arrondis de diopside. On y voit aussi un peu de calcite, un peu de hornblende verte, du mica et de la pyrite. Il semble que ce soit là une cornéenne due à un métamorphisme de contact.

Je considère comme appartenant à l'ensemble granitique du Pia Ya des roches que j'ai ramassées au Nord-Est de Lang Ca Phu, à Bac Mio, dans le ruisseau de Bac Mien, roches qui ne diffèrent pas de celles que nous venons de décrire.

Je signalerai seulement une cornéenne à grenats. C'est une roche de couleur sombre, à grain très fin, litée, qui montre, sur un fond de très petits grains de quartz avec biotite et diopside, des zones très chargées en petits grenats de 0 m/m. 07 en moyenne et dont les plus gros ne dépassent 0 m/m. 15.

A quelques kilomètres à l'Ouest du Pia Ya les roches éruptives appartenant à la même formation abondent. On trouve les mêmes types qu'au Pia Ya même, avec des cornéennes et des micaschistes.

Ces roches sont très écrasées comme on peut s'en rendre compte d'après la Photographie D, Pl. XIII, qui montre en grandeur naturelle un échantillon de granite porphyroïde à mica noir visiblement laminé provenant du ruisseau de Na Pong.

Ce granite, riche en micropegmatite, est identique au microscope à celui qui forme la masse du Pia Ya. Il contient un peu plus de mica noir, ce qui lui donne une teinte plus foncée.

Il forme la majeure partie des terrains cristallins des environs du Pia Ya (base de la Lamé du Pia Ya), les types à amphibole et pyroxène étant plus rares. Un échantillon de ce granite, provenant de Na Kie, montre à l'œil nu des cristaux lamelleux d'albite avec macle de Carlsbad, dépassant 1 cm. de section. Il y a des feldspaths zonés (voir microphotographie F, Pl. XV).

La micropegmatite est très abondante. Les extinctions des quartz sont tout à fait onduleuses.

Un autre granite de la même région, très écrasé également, montre du mica blanc (phlogopite) assez abondant, ce qui est tout à fait exceptionnel dans les roches de ce massif. Il y a aussi beaucoup de biotite maclée et tordue. Le feldspath (microperthite) domine, avec macles également tordues.

Je signalerai encore à Na Pong une roche (Microphotographie A, Pl. XVI) dont le feldspath est le même que celui de la roche précédente, mais est souvent altéré en argile amorphe avec filonnets de kaolin. L'élément ferromagnésien paraît être une amphibole colorée en vert très pâle, transparente et non polychroïque en lames minces, de signe optique négatif, à allongement positif. Le quartz est à peu près absent. Le zircon est abondant.

On peut rattacher aussi au groupe du Pia Ya des roches situées au Nord-Est de Lang Ca Phu. J'ai recueilli dans le ruisseau de Con Oang divers granites et une roche litée contenant du quartz à extinctions roulantes, de la hornblende verte peu biréfringente, de petits grains de diopside et de la pyrite. Ces éléments, surtout la pyrite, sont alignés suivant des surfaces à peu près parallèles.

En résumé la région du Pia Ya nous présente des granites riches en mica noir, avec parfois de l'amphibole hornblende et du diopside. Toutes ces roches sont écrasées.

7. — LE MASSIF DU PIA MA

Le massif du Pia Ma va nous fournir de belles roches que nous n'avons pas encore rencontrées ailleurs dans le Nord-Est du Tonkin.

Ce sont des syénites sodiques avec éléolithe, aegyrine et amphibole sodique, riches en zircon.

Je décrirai quelques échantillons.

Une syénite provenant du Nord de Ban Muong est une roche assez lourde, massive, avec plans de friction montrant sur un fond de feldspath et d'éléolithe des bandes irrégulières d'amphibole noir-verdâtre.

Au microscope (Microphotographie B, Pl. XVI) on voit surtout des grains moulés d'albite maclée et souvent déformée avec extinctions roulantes. Quelques vides sont remplis par de l'éléolithe parfois transformée en cancrinite.

D'assez nombreuses paillettes et même des plages d'amphibole sont disséminées dans la préparation. Cette amphibole est extrêmement pléochroïque et paraît assez peu biréfringente. Sa coloration rend son étude difficile ; sa bissectrice aigüe est négative et sa dispersion est très forte ; elle paraît se rapporter à la hastingsite [LACROIX, 24, Tome IV, p. 794] ; cet échantillon ne contient pas d'aegyrine : on y voit quelques rares zircons, surtout au voisinage de l'amphibole.

La syénite de Ban Long ne diffère de la précédente que par l'abondance du zircon et de l'aegyrine, celle-ci en petites paillettes polychroïques. On y trouve de plus de grandes plages de feldspaths avec microperthite.

Il existe dans la même région des roches très curieuses dont la composition minéralogique est la même que celle des précédentes. Mais ces roches se présentent tout à fait avec l'allure d'un gneiss, comme on peut le voir sur la Fig. C de la Pl. XIII, qui représente un échantillon venant de Khuoi Nung.

Les microphotographies C et D, Pl. XVI, montrent cette même roche dans laquelle la hastingsite ? occupe des lits bien définis et assez continus. Le zircon est assez abondant dans l'amphibole. L'aegyrine n'est pas très rare.

Au col du Nord du Pia Ma une roche identique contient de la biotite associée à l'amphibole. Les feldspaths sont de l'albite et un feldspath en grandes plages (microcline ? voir microphotographie E, Pl. XVI). La cancrinite est assez abondante.

Le Massif du Pia Ma comprend en outre des roches à hornblende.

Je signalerai une roche provenant de Na Ta, qui est une véritable amphibolite vert sombre à grain très fin. Le microscope y montre surtout de la hornblende polychroïque verte avec remplissage de quartz à extinctions roulantes, de la pyrite et des grenats.

Une autre roche de la région de Ban Vit est un véritable micaschiste à mica blanc, très feuilleté, avec nombreux grenats (Microphotographie F, Pl. XVI) ne dépassant pas 0 m/m. 4 de diamètre.

8. — RESUME.

Si nous comparons entre elles les roches éruptives acides de profondeur que nous venons de considérer, nous remarquerons que toutes ces roches, sauf la granulite du Pia Oac, présentent des traces d'écrasement intense.

De plus, elles se groupent, tant au point de vue de leur structure que de leur composition minéralogique, en massifs bien individualisés qui sont :

A. — Massifs autochtones.

1. Granites et gneiss du Phan Ngame et du Nui Tong Tinh caractérisés par l'abondance du mica blanc (phlogopite), et l'existence de quartz idiomorphe comme dans les granulites. Mais il y a également du quartz allotriomorphe.

2. Je rappellerai ici les granites et gneiss écrasés du Massif du Haut Song Chay caractérisés par la présence du mica blanc et de la tourmaline.

3. Massif du Centre du Tonkin, très riche en minéraux variés.

B. — Massifs charriés.

4. Les Massifs du Pia Ya et de la région de Lang Ca Phu, du Phia Bioc et de la région de Cho Ra, caractérisés par l'abondance de la biotite, l'absence presque complète de mica blanc, avec parfois de la hornblende et fréquemment du diopside. La structure est le plus généralement porphyroïde.

5. Le Massif du Pia Ma, formé surtout de syénite éololithique avec aegyrine, hastingsite ? et zircon.

C. — Granites récents

6. Les granulites du Pia Oac, parfois porphyroïdes, caractérisées par leur structure et par l'abondance de la muscovite.

CHAPITRE II

RHYOLITHES

Des roches d'intrusion ou d'épanchement à excès de silice libre sont très répandues dans le Nord-Est du Tonkin où elles occupent, comme nous l'avons vu, deux positions tectoniques :

1° Dans le Trias autochtone des environs de Lang Son.

2° Dans la masse des schistes charriés, intermédiaires entre la région autochtone et les Nappes et que nous avons étudiée sous le nom de Nappe ou Schistes du Song Hiem.

Nos études portent sur plus de 500 échantillons recueillis en divers points sur une distance de plus de 250 kilomètres. Tous les échantillons récoltés ont fait l'objet de préparations en lames minces.

Il n'y a pas, dans l'Est du Tonkin, de types très variés. Si l'on excepte un très petit nombre de roches écrasées entièrement cristallines, la presque totalité des échantillons recueillis appartiennent à une roche à structure porphyrique, dans laquelle subsiste toujours un résidu de verre. A l'œil nu ces roches présentent, lorsqu'elles ne sont pas écrasées, un aspect assez uniforme. Sur une pâte très fine, généralement bleue, parfois verte ou même rouge par altération, se distinguent des cristaux plus ou moins nombreux et plus ou moins gros de quartz et de feldspath. Les premiers sont généralement arrondis et peuvent atteindre jusqu'à 5 m/m. Les cristaux de feldspath ne dépassent guère 3 m/m dans les rhyolithes du Nord-Est du Tonkin. Ils présentent leurs contours géométriques habituels. Ils sont généralement blancs, rarement rosés ou verdâtres.

Il ne m'a pas été possible de distinguer des massifs individualisés, formés d'une roche dont la structure ou la composition offre une particularité quelconque. Tous les types que l'on peut séparer coexistent dans chacun des massifs et parfois dans le même morceau de roche.

Ces types diffèrent par l'abondance des phénocristaux de quartz et de feldspaths, et par la structure intime de la pâte. Toutes les combinaisons peuvent se présenter.

Les types d'écrasement sont fréquents.

J'adopterai donc, dans la description des rhyolithes du Nord-Est du Tonkin, un plan différent de celui que j'ai suivi pour les roches acides de profondeur et je les étudierai en bloc dans l'ordre suivant :

1. — Phénocristaux.
2. — Pâte des rhyolithes.
3. — Minéraux accessoires et minéraux secondaires. — Inclusions.
4. — Types d'écrasement.
5. — Roches annexes aux rhyolithes (Tufs. — Grès Singuliers, etc...).

Nous ne nous occuperons ici ni de l'âge des rhyolithes, ni de leur signification tectonique, ces questions ayant été traitées dans d'autres parties de notre étude.

Les Planches XVII et XVIII montrent des microphotographies des divers types de rhyolithes du Nord-Est du Tonkin.

1. — PHÉNOCRISTAUX

a. — Quartz.

Les quartz de première consolidation montrent leurs formes cristallines. Ils sont arrondis, souvent profondément corrodés et presque toujours brisés (Microphotographies E, Pl. XVII et B, Pl. XVIII).

Ce n'est que dans un petit nombre d'échantillons appartenant presque tous à la zone triasique de Lang Son que ces quartz ne sont pas brisés et ne présentent pas de polarisation roulante.

Les dimensions de ces quartz sont très variables. Certains d'entre eux atteignent 3 m/m. et même 5 m/m. Ils ne manquent que très rarement.

Dans certaines rhyolithes, ces quartz sont entourés d'une auréole formant autour d'eux une zone d'épaisseur variable. Cette auréole est formée de fines baguettes ayant une direction quelconque. Toutes ces baguettes ont la même orientation cristallographique que le quartz et s'éteignent toutes ensemble en même temps que ce dernier. Ces baguettes sont noyées dans du verre. Parfois une mince couronne de quartz imprégné de verre sépare du quartz central l'auréole des baguettes. C'est en somme une structure micropegmatitique d'aspect un peu spécial.

Un des échantillons étudiés, provenant de Pa Phieng (environs de Dong Dang), montre un de ces quartz auréolés sur lequel nous avons relevé les dimensions suivantes :

Diamètre total du quartz et de l'auréole :	0 m/m. 36
largeur de l'auréole.	0 m/m. 06 à 0 m/m. 12
longueur des baguettes	0 m/m. 030 à 0 m/m. 060
largeur des baguettes	0 m/m. 002 à 0 m/m. 008

Il existe des quartz auréolés de dimensions plus grandes, jusqu'à 1 m/m. L'auréole également peut être plus large. J'ai vu des auréoles de ce genre dépassant 0 m/m. 4. Mais les dimensions des baguettes de quartz restent à peu près les mêmes. Très rarement les baguettes de quartz de l'auréole paraissent radiées autour du cristal de quartz ; l'ensemble s'éteint simultanément ; au plus fort grossissement dont nous disposons, l'auréole ne peut se résoudre mais semble striée radialement ; elle polarise plus faiblement que le quartz ; on a l'impression d'avoir à faire à de fines fibres de quartz séparées par du verre.

Nous avons pu voir dans un autre échantillon (Phai Sieng Sud-Est de Cao Bang), des fibres identiques à allongement négatif. Enfin les quartz présentent parfois une auréole de micropegmatite de quartz et de verre.

Un de ces quartz auréolés se voit bien sur la Fig. A, Pl. XVII.

b. — *Feldspaths.*

Le feldspath le plus fréquent est l'orthose présentant généralement la macle de Carlsbad. Les dimensions sont très variables et atteignent parfois 2 à 3 m/m. et même plus.

Il présente généralement sa forme cristallographique propre, et ce n'est qu'assez exceptionnellement qu'il est corrodé à la façon des quartz (Microphotographie D, Pl. XVII). Certains échantillons le montrent parfois imprégné par un magma vitreux, qui fait ressembler quelques uns de ces feldspaths aux *éponges de quartz* dont il sera question ci-dessous.

Il est souvent craquelé (Microphotographie C, Pl. XVII).

Très rarement ces feldspaths sont auréolés de la même façon que les quartz et présentent une bordure de même orientation cristallographique qu'eux, mais à polarisation plus faible. Les grossissements dont je dispose ne m'ont pas permis de résoudre cette auréole qui semble être un mélange d'orthose cristallisé et de verre amorphe.

Les plagioclases se montrent exceptionnellement parmi les phénocristaux des rhyolithes. Leur état d'altération rend les diagnoses difficiles. Nous inclinons à en faire de l'oligoclase.

2. — LA PÂTE DES RHYOLITHES

Comme nous l'avons dit, toutes les rhyolithes que nous avons pu recueillir dans le Nord-Est du Tonkin présentent un résidu de verre.

Je distingue dans la pâte des rhyolithes de nos régions les types suivants d'après la classification de MICHEL LEVY (1) [17].

A. — Type présentant des globules de quartz imprégnés de verre, globules à structure assez variée (rhyolithes à quartz globulaire de MICHEL LEVY).

B. — Type à pâte vitreuse cryptocristalline (rhyolithes pétrosiliceuses de MICHEL LEVY).

C. — Types vitreux.

Ces types passent de l'un à l'autre ou même sont fréquemment mélangés dans le même échantillon. A un faible grossissement ils se présentent toutefois de façon très différente.

(1) Je n'ai pas à ma disposition les Annales des Mines, VIII — 1875, ouvrage dans lequel MICHEL LEVY traite de la pâte des rhyolithes.

Aussi décrirai-je simplement ce que j'ai pu voir dans les échantillons que j'ai recueillis et étudiés.

A. — *Rhyolithes à quartz globulaire.*

Les « globules » de quartz sont de plusieurs sortes.

a. — D'abord les « éponges » de quartz, déjà décrites [LACROIX]. Le terme d'éponge rend parfaitement l'aspect de ces globules bien individualisés qui sont fréquemment représentés, et forment parfois tout le fond de certaines rhyolithes.

L'éponge elle-même est en quartz, les vides étant remplis de verre amorphe. Le diamètre varie de 0 m/m. 005 à 0 m/m. 5.

b. — Globules de verre à fins débris de quartz plus ou moins anastomosés à contours indistincts.

c. — Il existe tous les intermédiaires entre les éponges et les globules précédents avec des globules de verre à fins débris de quartz à contours nets. Tous ces débris s'éteignent ensemble dans un même globule. C'est une micropegmatite de quartz et de verre.

d. — Des globules de quartz renfermant des débris de verre (passage aux éponges). On voit le quartz se terminer en fines houppes dans le verre.

e. — Globules de verre à fines baguettes enchevêtrées de quartz identiques à celles précédemment décrites dans l'auréole d'un quartz.

Un échantillon (Microphotographies A et B, Pl. XVII) est formé presque entièrement de ces globules juxtaposés, à contours irréguliers, et d'un diamètre variant entre 0 m/m. 20 et 0 m/m. 35.

Quelques uns de ces globules montrent une structure vaguement rayonnée, mais tous les éléments cristallins d'un globule ont la même orientation optique et s'éteignent ensemble. Il n'y a pas de croix noire.

Chaque globule a une orientation propre.

Quelques uns d'entre eux présentent une structure plus complexe. Ils sont formés de plusieurs globules élémentaires plus petits analogues à ceux que nous venons de décrire ; la structure radiée des baguettes de quartz est assez nette. Chaque globule élémentaire est assez bien individualisé ; mais il est fréquent qu'une même baguette de quartz appartienne à deux globules contigus.

Chaque groupe de ces globules élémentaires montre une orientation unique. Ces groupes de globules peuvent atteindre 0 m/m. 5 de diamètre.

Les dimensions des globules à baguettes de quartz sont assez constantes dans un même échantillon, mais très variables d'un échantillon à l'autre. Les plus grands atteignent 0 m/m. 5 ; les plus petits ne dépassent pas 0 m/m. 02.

Les globules à baguettes de quartz passent à toutes les autres formes. Ils ne semblent pas différer beaucoup des quartz auréolés. Cependant le centre du globule est généralement vitreux.

f. — Une préparation m'a montré des globules très curieux. Ces globules, à contours à peu près rectilignes, présentent une structure alvéolaire tout à fait comparable à celle d'un Foraminifère.

Des poutrelles longitudinales de quartz de 0 m/m. 008 à 0 m/m. 010 de diamètre sont réunies par des poutrelles transversales plus fines (0 m/m. 003 à 0 m/m. 006) formant ainsi un réseau réticulé assez régulier, dont les alvéoles ont de 0 m/m. 010 à 0 m/m. 15 $\times$ 0 m/m. 005 à 0 m/m. 008. Les alvéoles sont remplies de verre. C'est une imprégnation d'orthose par du verre.

Un globule de cette préparation présente à la fois cette structure alvéolaire, et une croix noire négative. Il s'agit sans doute d'une imprégnation de calcédoine (diamètre 0 m/m. 3).

g. — Sphérolithes.

Les sphérolithes à croix noire sont peu abondants dans les rhyolithes que nous avons étudiées.

On rencontre parfois (rhyolithes de Lung Lua, près Na Cham) des sphérolithes négatifs, à contours indistincts, qui se perdent dans le verre par de fines houppes radiantes. Ces sphérolithes sont disséminés au milieu d'une pâte à éponges de quartz avec petits quartz auréolés (Microphotographie F, Pl. XVII).

Une préparation d'une roche provenant de Tan Con (Ouest That Khe) nous a montré un fond de verre avec nombreux sphérolithes positifs passant au verre sur leurs bords. Ces sphérolithes ont 0 m/m. 5 de diamètre.

Un autre échantillon présente des sphérolithes positifs de 1 m/m. de diamètre (rhyolithe de Na Khach, environs de Na Cham).

Les diverses formes de quartz que nous venons d'énumérer caractérisent les rhyolithes que nous appellerons en bloc, d'après MICHEL LEVY, rhyolithes à quartz globulaire. Nous ne mettons pas à part les rhyolithes à sphérolithes qui sont tout à fait exceptionnelles et contiennent en même temps des quartz globulaires.

De ces quartz globulaires, les éponges et surtout les globules à baguettes de quartz sont de beaucoup les plus fréquents. Ces éléments arrivent à former la presque totalité de la pâte des rhyolithes qui les renferment et ne laissent entre eux qu'un très faible résidu de verre.

Ces rhyolithes ne présentent que très rarement des traînées fluidales.

b. — *Rhyolithes à pâte cryptocristalline (Rhyolithes pétrosiliceuses de MICHEL LEVY)*

Ces rhyolithes sont assez abondantes, bien que beaucoup moins répandues que les rhyolithes à quartz globulaire.

Au faible grossissement la pâte se présente sous deux aspects : comme une très fine mosaïque, un agrégat de grains excessivement fins dont la teinte d'ensemble, entre les nicols croisés, est assez sombre ; sous la forme d'une pâte homogène presque éteinte sur laquelle sont disséminés des points confus éclairés.

Quel que soit l'aspect au faible grossissement, ces rhyolithes montrent, aux forts grossissements, de très petites plages à contours indécis, polarisant faiblement. Par rotation d'un des nicols les plages éclairées changent de place, de sorte que toutes les parties de la préparation polarisent successivement. Chacune des plages éclairées dans une position donnée des nicols ne peut être considérée comme un cristal défini, mais tout l'ensemble ne forme qu'une seule substance sans orientation cristallographique réelle.

Un résidu complètement amorphe est assez rare. Des microlithes d'orthose sont exceptionnels (Microphotographie B, Pl. XVIII) mais de fins débris de quartz sont fréquents. Ces débris s'alignent parfois en traînées entourant les phénocristaux et démontrant ainsi qu'il y a eu écoulement. Ces traînées fluidales se montrent peu souvent. Une partie de ces rhyolithes nous semble devoir être interprétée comme des rhyolithes dont le fond de verre a été secondairement dévitrifié.

c. — *Rhyolithes vitreuses.*

J'ai trouvé, dans le Nord-Est du Tonkin, peu de types franchement vitreux. Quelques rhyolithes des groupes précédents présentent exceptionnellement des parties vitreuses à allure fluidale nette (Microphotographie D, Pl. XVIII).

Il semble qu'il y ait eu, dans certaines rhyolithes, condensation dans le verre, de fer (limonite), soit en globules d'assez grande dimension, soit en houppes (Microphotographie C, Pl. XVIII).

3. — MINÉRAUX ACCESSOIRES ET MINÉRAUX SECONDAIRES. INCLUSIONS

Les rhyolithes du Nord-Est du Tonkin sont pauvres en minéraux accessoires. Je n'y ai guère rencontré que de très petits cristaux de zircon et de la magnétite, celle-ci en cristaux rongés parfois assez gros (Microphotographie B, Pl. XVII).

Un petit nombre d'échantillons est très riche en mica vert qui se présente soit en traînées, soit en plages. Ce mica présente parfois une structure palmée.

Le mica vert est particulièrement fréquent dans des rhyolithes situées au voisinage du batholithe récent de granulite du Pia Oac. Nous inclinons à l'attribuer au métamorphisme exercé par la granulite sur des rhyolithes préexistantes.

Les minéraux secondaires, dus à l'altération de la roche, sont extrêmement répandus.

Les feldspaths sont particulièrement altérés et transformés en kaolin, en argile cristalline ou amorphe, en micas, rarement en microperthite.

La calcite est fréquente comme produit secondaire. Un galet curieux, appartenant à un poudingue des Schistes du Song Hiem à l'Ouest de Van Mit, montre de grands feldspaths maclés plus ou moins épigénisés en calcite. Les moins altérés présentent de minces lits de calcite suivant leurs plans de clivage (Microphotographie E, Pl. XVII). Mais certains d'entre eux sont complètement remplacés par la calcite qui est également présente dans la pâte cryptocristalline de cette roche.

Il existe fréquemment des plages d'un minéral vert pâle, non polychroïque, peu réfringent, à peine biréfringent, qui semble appartenir au groupe des chlorites ; certaines de ces plages sont formées d'opale imprégnée de chlorite.

L'altération de la magnétite donne de la limonite qui envahit complètement certains échantillons.

Enfin, certaines formes de la silice sont particulièrement fréquentes, opale, calcédoine, etc. C'est à des formations secondaires de ce genre qu'il faut attribuer certains sphérolithes à croix noire.

Une préparation d'une rhyolithe de Phai Sieng (Sud-Est de Cao Bang) montre des sphérolithes à croix noire disposés sur une seule ligne suivant laquelle ils sont contigus. Dans certaines positions des nicols, toutes les branches horizontales des croix sont sur une même zone continue, les branches verticales formant des faisceaux parallèles (Microphotographie E, Pl. XVIII).

Ces sphérolithes, négatifs, forment ainsi une traînée dont l'axe est amorphe et se présente en lumière parallèle comme une mince bande un peu opaque, les deux zones latérales étant transparentes et incolores. La largeur totale de la bande de sphérolithes ne dépasse pas 0 m/m. 025.

Enfin, certaines calcédoines formées de fibres négatives enchevêtrées, montrent deux ou plusieurs croix noires à branches entremêlées. Ce sont des sphérolithes de calcédonite à plusieurs centres (Microphotographies A et F, Pl. XVIII).

Quelques rhyolithes nous ont montré des inclusions.

Dans les unes, ce sont des débris anguleux de calcaire identique aux calcaires ouralo-permiens de la région, en morceaux atteignant 1 cm³.

Dans d'autres, ce sont de très petits galets arrondis, de 3 à 4 m/m. dans leurs plus grandes dimensions, qui tranchent nettement à l'œil nu sur la pâte de la roche. Au microscope ces galets ne montrent que de très fins débris de quartz à contours indécis, peu différents de la pâte cryptocristalline de certaines rhyolithes, telle que nous l'avons décrite ci-dessus.

Je considère comme inclusions dans les rhyolithes de très petits débris de roche holocristalline dont les phénocristaux sont les mêmes que ceux des rhyolithes, mais dont la pâte est exclusivement formée de quartz en cristaux moulés les uns contre les autres, sans résidu de verre. Ce sont des débris de microgranites, d'ailleurs fort rares, englobés dans les rhyolithes.

4. — TYPES D'ÉCRASEMENT

Comme nous avons eu occasion de le dire, les rhyolithes du Nord-Est du Tonkin occupent deux positions tectoniques différentes.

Les unes appartiennent au Trias autochtone de la Région de Lang Son et de Bi Nhi. Ces rhyolithes sont relativement peu écrasées ; les pressions orogéniques qu'elles ont pu subir sont traduites par la déformation moléculaire des quartz qui présentent assez souvent des extinctions roulantes plus ou moins accentuées.

Les autres, appartenant à la partie inférieure des Nappes, ont au contraire subi des laminages parfois très intenses. On peut y trouver tous les stades entre une rhyolithe à peine écrasée, identique à celles de la zone autochtone, et des roches passées à l'état de schistes.

Au premier stade d'écrasement, les quartz seuls présentent des extinctions roulantes.

Ce n'est qu'à un stade plus avancé que les feldspaths présentent eux-mêmes ces phénomènes. En même temps les quartz sont plus ou moins brisés, mais les débris d'un même quartz sont contigus.

Si l'écrasement augmente, les quartz sont émiettés et se présentent sous la forme d'agréats dont les divers éléments semblent avoir une orientation cristallographique

propre. En même temps des plans de clivages naissent dans la roche, plans ayant un peu l'allure de traînées fluidales. Puis il y a formation, suivant ces plans de clivage, d'un minéral, en lits excessivement minces, qui paraît être, soit de la séricite, soit du mica blanc. En cet état la roche présente macroscopiquement l'aspect d'un poudingue formé d'amandes allongées accolées les unes aux autres. Le quartz d'origine secondaire est devenu extrêmement abondant. La fine structure du quartz globulaire ou des éponges de quartz n'est pas conservée, et, si l'on n'avait, par une échelle continue, tous les intermédiaires entre des rhyolithes typiques et ces Faux poudingues, il serait difficile de les apparenter.

Enfin, les rhyolithes forment fréquemment des masses importantes de brèches très altérées, d'origine tectonique ; dans ces dernières, on ne trouve plus de grands quartz corrodés. Ce n'est que rarement qu'un quartz corrodé de petite taille a pu résister à la pression et montre qu'on a vraiment affaire à des quartz de rhyolithes. Les feldspaths ont moins résisté encore et les cristaux d'albite que l'on rencontre assez fréquemment paraissent être d'origine secondaire. Seule, la pâte cryptocristalline que nous avons décrite dans l'un des groupes de rhyolithes n'est pas modifiée, et nous nous demandons si cette pâte cryptocristalline n'est pas, dans tous les cas, une dévitrification du verre des rhyolithes due soit à la pression, soit à l'altération.

5. — ROCHES ANNEXES AUX RHYOLITHES. CINERITES. TUFFS. GRÈS SINGULIERS.

Une série importante de roches, provenant des mêmes régions que les rhyolithes, nous présentent comme celles-ci de grands feldspaths et des quartz corrodés. Ces roches renferment en outre des débris anguleux de quartz. Le ciment est presque amorphe et contient des débris de pâte de rhyolithe (souvent à quartz globulaire) qui ne laissent aucun doute sur leur origine. Nous n'osons pas parler de véritables cinérites ; les débris de quartz, quelle que soit leur forme, ne montrent pas les parois courbes d'alvéoles. Ces roches sont pour nous des tufs de rhyolithe, contemporains de la mise en place de ces dernières. Les minéraux accessoires sont les mêmes que ceux des rhyolites, l'aspect est le même. Mais ces roches sont plus facilement altérées. Nous connaissons de ces roches, recueillies dans la Région de Lang Song — Diem He, qui ne présentent aucune trace d'écrasement. Elles sont en relation avec les mêmes terrains que les rhyolithes franches, ce qui écarte l'hypothèse pour les débris de quartz, de cristaux brisés par les pressions orogéniques ou d'un remaniement postérieur. Leur intérêt est grand, car il semble qu'elles puissent servir à démontrer la venue au jour des rhyolithes dans les terrains où on les rencontre.

Nous dirons enfin quelques mots d'une roche assez énigmatique, localisée dans la Nappe du Song Hiem.

Cette roche, toujours laminée au point de prendre parfois l'aspect d'un gneiss ou d'un schiste, se présente le plus souvent sous la forme d'un grès bleu laminé à pâte très fine parsemée de points blancs anguleux. Lorsque ces points sont assez gros, ils sont à peu près rectangulaires et rappellent une section de feldspath. Mais au microscope les caractères cristallographiques de ces feldspaths ne sont jamais conservés.

J'ai dit que le laminage de ces roches est toujours intense ; il va jusqu'à un mince feuilletage qui ne permet pas de les différencier, à l'œil nu, des schistes adjacents.

Ces « Grès Singuliers » paraissent occuper divers niveaux dans la masse charriée des Schistes du Song Hiem. Mais, étant donné le caractère de ces schistes extrêmement plissés et disloqués, il ne m'a pas été possible d'établir une série stratigraphique des « Grès Singuliers ».

En revanche, j'ai pu établir une série pétrographique.

Au point de vue de la composition minéralogique, cette série ne donne rien de particulier. C'est la composition des rhyolithes avec, en plus, un peu d'argile amorphe et souvent de la calcite (qui existe également dans certaines rhyolithes typiques).

Au point de vue structuré, toute l'échelle existe entre des tufs de rhyolithes, ou même des rhyolithes typiques, et un grès visiblement détritique.

Même dans les termes les plus détritiques, des quartz corrodés se rencontrent. Aussi, j'incline à penser que ces « Grès Singuliers » intercalés à divers niveaux dans les Schistes du Song Hiem sont, pour une faible partie, des rhyolithes très écrasées, et pour le reste, des grès véritables dont les éléments ont été empruntés à des rhyolithes préexistantes.

J'ajoute que de véritables rhyolithes, toujours très écrasées, mais bien reconnaissables, existent généralement à la base des Schistes du Song Hiem.

De plus, je rappelle que j'ai trouvé dans ces Schistes, à l'Ouest de Van Mit, à une hauteur stratigraphique que je ne puis établir, mais encore loin de leur niveau supérieur, un poudingue laminé composé de galets roulés dont les uns sont des rhyolithes typiques et les autres des « Grès Singuliers ». Le ciment de ce poudingue est fait de « Grès Singuliers » presque schistoïdes.

Ce poudingue corrobore l'interprétation donnée ci-dessus de la genèse des « Grès Singuliers ».

CHAPITRE III

ROCHES BASIQUES

J'ai recueilli dans le Nord-Est du Tonkin un grand nombre d'échantillons appartenant à des roches basiques diverses.

Je diviserai ces roches en trois groupes qui seront étudiés dans l'ordre suivant :

1. — Roches à pyroxène dont le feldspath varie autour de l'andésine. Cette série est toujours très altérée.
2. — Roches à labrador ou à feldspath plus basique.
3. — Roche ferrugineuse des massifs ouralo-permiens.

Nous laisserons de côté l'étude de la position tectonique de ces roches, étude qui a pris place dans les parties précédentes de notre ouvrage.

1. — ROCHES A ANDÉSINE

C'est à ces roches qu'appartient la majeure partie des échantillons basiques que j'ai recueillis. Cet ensemble peut être représenté par un petit nombre de types bien choisis. Il existe tous les intermédiaires entre deux types quelconques de cette série, caractérisée par un feldspath oscillant autour de l'andésine, et par la présence de pyroxène.

La proportion de feldspath par rapport à la masse totale de l'échantillon est très variable. Elle atteint les $\frac{4}{5}$ de la préparation dans certaines roches. Elle arrive à devenir presque nulle dans d'autres échantillons qui ne montrent plus que du pyroxène.

Le pyroxène varie généralement entre le diopside et l'augite. Le diallage est fréquent, ainsi que de l'augite violacé qui paraît devoir être rapporté au titanaugite. Les pyroxènes rhombiques sont rares.

La structure des roches de cette série est aussi très variable. Il n'y a pas de terme franchement grenu. Les termes holocristallins à gros éléments montrent déjà une tendance marquée à une structure ophitique. Nous donnerons à ces roches le nom de diabases andésitiques.

Ces diabases andésitiques passent à des roches à structure ophitique très nette que nous décrirons sous le nom d'ophites andésitiques.

Les roches hypocristallines sont représentées par plusieurs types qui sont des andésites et des porphyrites.

Nous étudierons ensuite des roches sans feldspath appartenant à la même série.

Nous allons commencer par les descriptions des types choisis. Nous comparerons ensuite entre elles ces roches et parlerons de leurs altérations et de leurs déformations. Nous indiquerons enfin leur gisement.

A. — Description des types de roches à andésine.

Diabase andésitique.

Région de Na Lan.

C'est une roche de teinte neutre, paraissant à l'œil nu finement grenue.

Au microscope, elle est holocristalline, et montre un passage de la structure grenue à la structure ophitique.

Le feldspath (andésine à extinctions droites) se présente en baguettes peu maclées ne dépassant pas 0 m/m. 5 de longueur. Il occupe 1/3 de la préparation. Des baguettes d'augite de mêmes dimensions paraissent s'être consolidées en même temps que lui.

De l'ilménite, partiellement transformée en sphène, est fréquente, ainsi que de la biotite brune ou verte. On y voit aussi de rares grains de zircon. Le remplissage est fait de plages d'augite et de minéraux secondaires, quartz et micropegmatite.

Une partie des feldspaths de première consolidation est transformée en argile amorphe. L'augite est en grande partie transformée en ouralite. Il y a un peu de calcite secondaire et de rares baguettes d'épidote.

Norite andésitique.

Environs de Cao Bang.

(Microphotographies A, B, C, Pl. XIX)

Roche vert clair à cristaux noir bronzé lamelleux et allongés, souvent tordus.

Cette roche curieuse montre au microscope de grands cristaux de pyroxène noyés dans une pâte de cristaux de feldspaths très altérés.

Le pyroxène est surtout de l'augite en baguettes allongées et tordues dépassant 8 à 10 m/m. de longueur sur 0 m/m. 5 de large, fréquemment maclé suivant h^1 .

Ces cristaux sont souvent associés à de l'hypersthène dont les clivages font un angle d'environ 65° avec le plan h^1 de l'augite.

Les feldspaths sont partiellement transformés en argile ou en micropegmatite.

Il existe entre les cristaux allongés de pyroxène ou de feldspath, des quartz auréolés de micropegmatite. La structure microdentelliforme est fréquente.

Enfin, l'ilménite, plus ou moins transformée en sphène, est très abondante.

Ophite andésitique.

Qui Tun près Nam Nang.

A l'œil nu, c'est une roche assez compacte, gris verdâtre, un peu pyriteuse.

Au microscope elle montre, comme éléments de première consolidation, de rares grands cristaux allongés d'andésine, de labrador et d'augite se détachant sur un fond

de baguettes entrelacées et très serrées d'andésine de 0 m/m. 3 de longueur en moyenne.

Les vides entre ces baguettes sont remplis par de l'augite sans formes propres. L'ilménite, partiellement transformée en sphène, est fréquente.

Ces roches montrent d'assez nombreuses vacuoles atteignant 3 à 4 m/m. de diamètre et renfermant un mélange d'opale et de pennine. Ce mélange, plus ou moins vert en lumière naturelle suivant la quantité de pennine qu'il contient, est en même temps plus ou moins biréfringent, et polarise généralement dans une teinte bleue très sombre. Cette roche contient quelques petits sphérolithes de calcédoine. Des plages de calcite sont fréquentes et occupent surtout le milieu des vacuoles, dont le mélange de pennine et d'opale occupe les bords.

Ophite (passage à andésite).

Cap Re, région de Na Cham.

Roche vert sombre, vacuolaire.

Cette roche montre au microscope de très longues baguettes d'andésine, minces et déchiquetées, entrelacées, avec, peut-être, un résidu vitreux. Un peu de magnétite.

Les éléments ferro-magnésiens sont complètement altérés, et l'on ne voit plus que de la calcite très abondante, avec assez de chlorite pour donner à la roche sa teinte verte.

Andésite pyroxénique.

Région de Diem He.

Roche dense, compacte, gris sombre verdâtre, à rares petites vacuoles auréolées de pyrite.

Cette roche montre, dans un fond vitreux coloré en brun, de nombreux et fins microlithes d'andésine de 0 m/m. 3 de long sur 0.015 de diamètre et du pyroxène en grains très petits ou en fibres extrêmement fines à structure plus ou moins radiée. La pyrite est abondante.

Les vacuoles sont remplies par de grands sphérolithes négatifs de calcédoine.

Andésite.

Région de Lang Son.

(Microphotographie D, Pl. XIX).

Roche vert sombre, très compacte, sans grain visible, laminée, se présentant en bancs de 2 à 4 cm. d'épaisseur avec nombreux filonnets très minces de quartz.

C'est une roche en grande partie vitreuse, riche en microlithes très fins d'andésine maclée et d'augite. Ces microlithes ne dépassent pas 0 m/m. 2 de longueur sur 0 m/m. 01 de largeur. L'augite se présente également en très petits grains assez peu nets.

Le verre est remplacé en certains points par de la calcite secondaire sans contours définis. Il existe aussi des vacuoles sphériques atteignant 0 m/m. 7 de diamètre, et remplies de calcite.

Enfin, la préparation montre de très nombreux sphérolithes à croix noire positive, de 0 m/m. 01 à 0 m/m. 02 de diamètre, disséminés un peu partout, même dans la calcite des vacuoles. Dans ce cas, ils sont plus nombreux sur les bords. En certains points de la préparation ces sphérolithes sont contigus et forment de petites plages. Ils occupent entièrement certaines vacuoles.

Porphyrite.

Ban Djoum, au Nord de Ngan Son.

Rares microlithes de feldspath sur fond très altéré avec plages de serpentine fibreuse à allongement positif.

Dans la préparation abonde un mélange de chlorite et d'opale.

Porphyrite.

Sud de Cao Bang.

(Microphotographie A, Pl. XX.)

Roche renfermant beaucoup de verre dans lequel s'estompent de très fines fibres positives, formant un fin réseau rectangulaire (augite?).

Aiguilles allongées et très fines de feldspath (andésine), souvent à l'état de squelettes. Association microdentelliforme du feldspath et de l'élément ferro-magnésien avec imprégnation de verre.

Pyroxénolithe.

Ban Lung Thuong, route de Cao Bang à Dong Khe.

(Microphotographie E, Pl. XX.)

Grains plus ou moins arrondis ou anguleux de pyroxène (diopside — augite) dépassant 0 m/m. 4, serrés sur un fond opaque d'altération ayant peut-être contenu des feldspaths.

Ilménite.

Pyroxénolithe.

Tan Than, région de Nam Nang.

Très petits grains de pyroxène (diopside — augite) ne dépassant guère 0 m/m. 1 de diamètre sur fond amorphe avec ilménite et sphène.

B. — Comparaison des types de roches à andésine.

Les dix roches que nous venons de décrire représentent une échelle à peu près complète au point de vue de la structure.

Tous les intermédiaires existent de l'une à l'autre, si l'on excepte notre échantillon n° 2 qui est un peu particulier.

Ces roches ont été choisies parmi les mieux conservées au milieu d'un groupe dont l'altération profonde est presque une caractéristique. Le plus souvent, en effet, ces roches sont presque complètement transformées en argile contenant un peu de calcite, du quartz et des grains d'épidote.

Assez fréquemment il y a formation dans les fissures de trémolite (asbeste) ; de l'asbeste existe également comme produit secondaire, associée à de l'actinote.

Les 300 échantillons que j'ai récoltés appartenant à cette série peuvent se répartir de la façon suivante :

Diabases.	130
Ophites andésitiques	60
Porphyrites et andésites.	100
Types trop altérés ou écrasés pour être classés	10

Sur le terrain, les massifs importants de ces roches vertes renferment indifféremment tous les types souvent réunis dans un même massif. Il y a d'ailleurs, comme nous l'avons dit, passage insensible d'un type à l'autre.

Toutes ces roches sont le plus généralement laminées, ou à l'état de brèche. Le laminage est poussé parfois si loin qu'il devient impossible de distinguer à l'œil nu certaines d'entre ces roches de schistes d'origine sédimentaire.

C. — Extension des roches à andésine.

Un premier gisement très général de ces roches se trouve sur la bordure des Schistes du Song Hiem où elles forment des massifs plus ou moins continus et plus ou moins considérables.

Une première bande très importante, jalonnée par des sommets souvent élevés, court du Sud de That Khe au Nord de Cao Bang.

Nous citerons parmi ces sommets le Nui Lung Phai (793 m.) qui domine un massif presque entièrement composé d'andésite à l'état de brèche tectonique, avec nombreux filonnets d'asbeste.

Le massif du Nui Cao Sam (676 m.) qui présente des types variés.

Le piton de Nam Loat (673 m.), le Cao Mia (529 m.), etc.

Cette bande contient en de nombreux points des porphyrites particulièrement écrasées se débitant en petits parallélipipèdes fragiles ; de telles roches sont bien visibles le long de la route entre Nam Nang et Cao Bang.

La prolongation de cette bande au Nord de Cao Bang renferme en divers points des traces de cuivre.

Une deuxième bande moins importante suit le contact des Schistes du Song Hiem et de la bordure sud des calcaires du Massif du Binh Lang. On peut voir aux environs de Ta Sa des brèches de roche verte contenant aussi quelques traces de pyrite de cuivre.

Le long du bord oriental de l'Arc du Coc Xo, toujours au contact des Schistes du Song Hiem, les roches vertes ne forment plus que des massifs très discontinus, parfois assez importants, comme ceux que traverse la piste de Ngan Son à Yen Lac.

Tous ces petits massifs sont indiqués sur nos cartes. Les roches vertes sont, suivant cette bande, plus fréquentes vers le Nord et semblent disparaître vers le Sud.

Dans la vallée du Song Niao les roches vertes, toujours sous toutes leurs formes, occupent une surface particulièrement importante.

Dans cette région les types diabasiques sont plus fréquents que les types micro-lithiques. Les roches vertes du Song Niao se rattachent presque sans discontinuité à la bande de l'Est de l'Arc du Coc Xo et à celle du Sud du Massif du Binh Lang.

Elles se prolongent vers le Sud d'une façon discontinue, le long de la bordure ouest de l'Arc du Coc Xo. C'est au même massif qu'il faut, semble-t-il, attribuer les beaux affleurements de roches vertes qui donnent, dans le Binh Lang, une ligne de sommets dont l'un atteint 1728 m.

Les roches vertes du Song Niao se retrouvent jusqu'à Bao Lac. Elles existent aussi dans les schistes de la vallée du Song Nhiem, au contact de ces schistes et du plateau du Dong Quan, aux environs du Oui Pi.

A l'Ouest des affleurements que nous venons d'indiquer, les roches vertes ne se rencontrent plus que rarement, et seulement à l'état de minces lambeaux étirés dans les schistes.

Un deuxième gisement de ces roches à andésine, beaucoup moins important, se trouve dans les pays autochtones. Elles se présentent en filons d'épaisseur toujours réduite, dans les régions des Ba Chau, de Lang Son et de Yen Lac. Tous les types de structure sont présents et ces roches sont toujours très altérées. Nous rappelons que les parties de la région autochtone où les roches à andésine sont le plus fréquentes se trouvent en bordure des Schistes du Song Hiem. Dans le Massif des Ba Chau en particulier, ces roches, extrêmement abondantes dans la Région de Dong Khe qui en est presque imprégnée, et dans la Région du Quang Uyen où elles forment un massif assez considérable, ne se présentent plus en s'éloignant de la bordure qu'en filons de moins en moins importants et de plus en plus espacés (Voir p. 158).

2. — ROCHES A LABRADOR OU A FELDSPATHS PLUS BASIQUES

Ces roches sont beaucoup moins répandues que les précédentes ; elles sont représentées dans mes récoltes par 50 échantillons seulement, contre 300 échantillons de roches à andésine.

Elles sont beaucoup plus fraîches et mieux conservées que les roches à andésine.

Nous les divisons en deux groupes suivant l'absence ou la présence du périclote.

A. — Roches sans périclote.

Gabbro.

Lung Nam Nua, massif de Vinh To, près Ban Cra.

Roche grenue verte, très altérée en surface où elle est presque complètement serpentinisée. Du feldspath clair est visible à l'œil nu dans les parties fraîches.

Au microscope cette roche est holocristalline. Le fond est formé de cristaux allongés de labrador (1 m/m. x 0 m/m. 2) et de cristaux d'augite de mêmes dimensions. Ces derniers sont moins fréquents; l'augite se présentant surtout en grains (0 m/m. 1). Les vides sont remplis par de la serpentine et de l'argile amorphe, avec ilménite en grains et en aiguilles.

Diabase labradorique.

Lung Lao, entre Na Lan et Ta Lung.

Roche bleue, très dense, à aspect finement grenu.

Cette roche est holocristalline. Elle montre au microscope de grandes plages de diallage parfois maclé entourant des cristaux allongés de labrador maclé et très altéré, partiellement transformé en argile amorphe et en produits micacés. Ces feldspaths atteignent 3 m/m. de longueur et occupent les 2/3 de la préparation.

Ilménite.

Un peu de serpentine et de quartz secondaire. Micropegmatite secondaire dans le feldspath.

Diabase à micropegmatite.

Na Giao, aux environs de Ban Gioc.

Jolie roche montrant au microscope des débris de cristaux d'augite partiellement ouralitisés, disséminés sur un fond de baguettes de labrador auréolées de micropegmatite variée. Le labrador est souvent transformé lui-même en micropegmatite.

Un peu de serpentine et de magnétite.

Ophite labradorique.

Sap-Na, massif du Pou Tha Ca.

Roche verte, dense, assez compacte, souvent vacuolaire.

Roche holocristalline, à structure ophitique très nette, montrant au microscope des cristaux allongés de labrador très maclé, à extinctions roulantes. Ces cristaux enchevêtrés dépassent 1 m/m. de longueur. Les vides laissés par ces feldspaths sont remplis par du pyroxène (diopside — augite) se présentant parfois en cristaux individualisés, allongés, maclés suivant h' .

Un peu de biotite brune ou verte associée à de la magnétite et de la pyrite. Amphibole verte secondaire.

Très rares quartz secondaires.

Quelques pyroxènes semblent transformés en anthophyllite.

Les feldspaths sont rarement altérés en argile généralement opaque.

Ophite labradorique.

Lung Muon, région de Trung Khanh Phu.

(Microphotographie E, Pl. XIX).

Minces baguettes enchevêtrées de labrador bien conservé. Ces baguettes ne dépassent pas 0 m/m. 3.

Remplissage d'augite en cristaux allongés et en plages (titanaugite), souvent altéré en serpentine. Ilménite en fines baguettes.

Un peu de calcite secondaire.

La microphotographie F, Pl. XIX, représente une roche analogue provenant aussi de la région de Trung Khanh Phu, mais à éléments plus fins. C'est une labradorite typique.

Répartition des roches à labrador sans péridot.

Les roches à labrador sans péridot sont surtout cantonnées dans les régions suivantes :

a. — *Région calcaire du Massif du Pou Tha Ca.* — Un long affleurement de belle ophite labradorique très fraîche, de structure et de composition très uniforme, m'est connu, au Nord-Ouest de Lang Ca Phu, sur plus de 12 kilomètres de longueur. Mais cet affleurement de direction nord-ouest — sud-est doit s'étendre beaucoup plus loin car j'ai recueilli à Muong Cha des échantillons identiques provenant des pentes du Pou Tha Ca.

Cette roche ne semble avoir aucune relation avec les roches à andésine; je la considère comme formant, dans les calcaires charriés du Massif du Pou Tha Ca, un dyke récent dont la longueur dépasserait 30 kilomètres. Ces roches ne sont pas laminées mais présentent cependant des traces d'une pression énergique (extinctions roulantes des feldspaths).

b. — *Massif des Ba Chau.* — Les roches à labrador, variant entre un gabbro et une labradorite, forment dans le Massif des Ba Chau une série de filons parallèles discontinus, de direction nord-ouest — sud-est, jalonnés seulement par de petits affleurements.

Nous nous sommes déjà étendus sur ces filons dans notre étude du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang (Voir p. 158).

Ces filons occupent seulement la partie des Ba Chau la plus éloignée du contact des Schistes du Song Hiem, la région voisine de la bordure ne présentant que des roches à andésine.

Ces roches à labrador, un peu moins fraîches que celles du Massif du Pou Tha Cá, ne sont peut-être pas, comme ces dernières, indépendantes de la venue des roches à andésine.

On peut trouver parmi elles des échantillons présentant à la fois de l'andésine et du labrador; quelques unes même sont moins basiques et ne montrent plus de labrador (Microphotographie B, Pl. XX).

Nous inclinons donc à faire de ces roches des remplissages de fractures contemporaines de la venue des roches à andésine.

B. — Roches à péridot.

Norite à olivine et mica noir.

Kilomètre 6 de Cao Bang à That Khe.

(Microphotographie C, Pl. XX)

Belle roche holocristalline montrant de grands cristaux rongés d'olivine sur un fond de longues baguettes de feldspath (labrador-bytownite).

Plages de diallage entourant souvent les cristaux de feldspath.

Un peu d'augite. Biotite assez abondante avec magnétite.

Il y a également de la magnétite dans les fentes du péridot, dont quelques grains sont altérés en serpentine.

Légère altération micacée dans les feldspaths.

Norite à olivine et mica noir (Passage à une péridotite).

(Kilomètre 2 de Cao Bang à An Lai)

(Microphotographie D, Pl. XX)

Belle roche grenue.

Roche holocristalline à gros grains (dépassant 2 m/m.) d'olivine à structure maillee, entourés par du diallage.

Mica noir et magnétite. Pyrite magnétique.

Feldspath très rare, complètement transformé en argile.

Une partie de l'olivine est transformée en serpentine.

Répartition des roches labradoriques à olivine.

Les roches à olivine sont plus localisées encore que les roches à labrador dont nous venons de parler.

On les trouve en affleurements restreints suivant une bande nord-ouest — sud-est qui suit à peu près la vallée du Song Bang Giang. Elles paraissent recouper les roches à andésine des Schistes du Song Hiem, dont elles se distinguent par leur fraîcheur. Elles ne présentent aucune trace d'écrasement.

Aux environs même de Cao Bang, elles pourraient être en relation avec la faille qui limite au Nord-Est le Bassin tertiaire de Cao Bang.

L'exiguïté des affleurements que j'ai pu reconnaître ne permet pas de les figurer sur carte ; je vais les énumérer ci-dessous, du Nord au Sud :

a. — Massif du Cao Mia, un peu au Sud-Est de Mo Xat.

b. — Sud-Est du Massif du Cao Mia.

c. — Sud-Ouest de la commune de Dai Lai, sur le prolongement des affleurements ci-dessus.

d. — Nord de Cao Bang sur la route de An Lai, presque au contact du Bassin tertiaire.

e. — Deux affleurements à quelques kilomètres de Cao Bang sur la route de Lang Son.

Tous ces affleurements jalonnent un ligne continue, de direction nord-ouest — sud-est.

De plus nous connaissons deux affleurements de ces roches. l'un au Nord de la feuille de That Khe (figuré sur nos cartes), l'autre, signalé par M. GIRAUD [19, p. 57] sous le nom de picrite, un peu au Sud de Yen Lac.

Ces roches, toutes identiques les unes aux autres, paraissent être postérieures au dépôt des terrains tertiaires.

3. — ROCHE FERRUGINEUSE DES MASSIFS OURALO-PERMIENS

Nous avons signalé cette roche, assez énigmatique, dans les divers massifs ouralo-permiens, et nous nous sommes étendus sur sa position.

Elle affleure très rarement en masses bien conservées, mais se présente surtout, par suite d'une altération plus ou moins intense, en éboulis de pentes et en terrains de remaniement contenant, dans une terre rouge, des débris de la roche, débris très généralement écrasés, parfois au point de ressembler à des schistes très feuilletés violets.

Les débris paraissant à l'œil nu les moins altérés, et les morceaux que l'on peut recueillir dans de rares bancs en place présentent généralement un grain très fin ; c'est l'aspect d'une argile très dure. La couleur est bleue.

Quelques uns de ces bancs, sans doute par suite d'un remaniement local, sont de véritables poudingues extrêmement compacts, de teinte noir bleu très sombre ; de nombreux grains de toutes formes, dont la dimension atteint rarement un centimètre, se distinguent à peine, en surfaces polies, du fond de la roche.

Les photographies A et B de la Planche XXI montrent ces surfaces polies, celle-ci en grandeur naturelle, la première grossie cinq fois.

Ce poudingue est assez fréquent bien que son extension soit faible par rapport à celle des roches ferrugineuses.

Au microscope, le poudingue ci-dessus et la roche compacte ordinaire présentent à peu près le même aspect. L'altération est intense, et toute la préparation est à peu

près masquée par de la limonite dans laquelle on peut reconnaître très généralement des plages plus ou moins importantes de magnétite.

La roche à forme de poudingue contient des grains à aspect concrétionné comme celui qu'on peut voir sur la microphotographie F, Pl. XX.

La roche compacte se montre aussi formée de grains agglomérés de même aspect que le ciment qui les réunit. L'ensemble est presque complètement opaque.

Elle renferme quelques grains confus, à contours indécis, d'un minéral assez biréfringent que je n'ai pas pu isoler. Certains grains contiennent de nombreux petits cristaux qui semblent être de l'épidote.

Le quartz libre manque complètement.

Il ne m'a pas été possible d'obtenir une analyse complète de cette roche. La teneur en fer est considérable : 28 % de fer ramené à Fe^2O .

En revanche, la teneur en silice libre ou combinée est extrêmement faible (21 %). L'alumine entrerait dans la composition de cette roche pour 1/4 environ.

La perte au feu est assez importante bien que l'échantillon ait été recueilli plusieurs mois avant l'analyse.

Cette roche contiendrait en outre une quantité très appréciable de titane.

CHAPITRE IV

ROCHES SEDIMENTAIRES

Les roches sédimentaires du Nord-Est du Tonkin sont très variées et il n'est pas possible d'en donner ici une description détaillée. La plupart d'entre elles ne présentent d'ailleurs qu'un intérêt médiocre et nous avons eu l'occasion d'en parler dans nos études stratigraphiques.

Nous laisserons complètement de côté les roches banales, schistes, marnes, quartzites, grès, etc... Nous dirons seulement quelques mots des calcaires, qui occupent dans le Nord-Est du Tonkin une superficie considérable, et de quelques roches siliceuses zonées dont nous avons parlé sous la dénomination de lydiennes.

Nous rappellerons immédiatement ici que toutes les roches que nous connaissons dans le Nord-Est du Tonkin, à l'exception seulement des granulites du Pia Oac et des poudingues, molasses, grès et schistes des dépôts tertiaires, présentent des traces d'écrasement intense traduit par la déformation en masse de la roche, ou par la déformation des minéraux composants, extinctions onduleuses des quartz, torsion des macles de calcite, etc.

1. — LES CALCAIRES.

Nous avons vu, dans notre étude de stratigraphie, que les calcaires sont représentés à peu près dans tous les étages géologiques et qu'ils forment même entièrement l'un d'entre eux (l'Ouralo-Permien).

J'ai suffisamment défini les caractères de ces divers calcaires pour ne pas y revenir.

Je signalerai seulement ici quelques calcaires intéressants, soit au point de vue de leur structure, soit au point de vue des déformations qu'ils peuvent montrer.

a. — *Calcaires oolithiques.*

Les calcaires oolithiques ne sont pas rares dans le Nord-Est du Tonkin.

En dehors des calcaires à très petites oolites signalés par M. DEPRAT dans le Cambrien du Chang Pong, j'ai recueilli des calcaires à oolites dans l'Ouralo-Permien en des points très éloignés les uns des autres.

Des calcaires récoltés à Mia Xu et à Lung Po (Dong Quan) renferment de petits corpuscules ovoïdes sombres, entourés d'une couronne formée de cristaux de calcite allongés suivant l'axe optique et disposés radialement. Le remplissage entre ces oolites est fait par de la calcite maclée à extinctions roulantes (Microphotographie E, Pl. XXI).

A Dong Mu (Est de Bao Lac), j'ai trouvé des bancs de calcaires clairs pétris d'oolithes atteignant 4 m/m. de diamètre. Ces oolithes sont composées d'un gros noyau de calcite claire entouré de plusieurs minces anneaux alternativement sombres et clairs.

Près de Dong Van, M. JACOB et moi avons ramassé des échantillons d'un joli calcaire à grosses oolithes dépassant 7 m/m. de diamètre. Ces oolithes, à noyaux cristallisés de calcite, sont formées de zones concentriques alternativement claires et sombres. Ils sont dans l'ensemble de teinte claire et se détachent sur une pâte sombre composée de grains assez gros de calcite moulés les uns contre les autres et souvent maclés.

b. — Calcaires construits.

Presque tous les calcaires que j'ai rencontrés dans le Nord-Est du Tonkin présentent de nombreux organismes, lorsqu'ils ne sont pas trop écrasés ou marmorisés.

Les calcaires à polypiers sont particulièrement fréquents dans le Dévonien. L'Ouralo-Permien présente des calcaires à Fusulinidés, très souvent écrasés. Les microphotographies C et D, Pl. XXI montrent deux échantillons où ces Foraminifères sont déformés. Dans le premier échantillon la déformation n'est traduite que par la torsion des Foraminifères.

Dans le second, l'écrasement est plus avancé et le fossile est devenu nuageux.

Dans beaucoup de calcaires l'emplacement de ces fossiles n'est plus traduit que par de petites taches plus sombres dans lesquelles aucune structure d'être organisé n'est plus reconnaissable.

De très petits Foraminifères (*Haplophragmium*, etc.) sont fréquents dans les calcaires ouralo-permiens (Microphotographie F, Pl. XXI) et surtout dans les calcaires noirs triasiques.

Je cite pour mémoire les calcaires à entroques très répandus dans le Dévonien et davantage encore dans l'Ouralo-Permien.

c. — Brèches calcaires.

J'ai signalé et décrit, au cours de mon travail, les brèches tectoniques situées à la base de l'Ouralo-Permien, surtout dans les massifs autochtones, brèches caractérisées par un ciment formé de belle calcite claire cristallisée, avec gros rhomboèdres de clivage.

Dans les massifs charriés, notamment dans le Kim Hi, la brèche ouralo-permienne se présente aussi sous forme de morceaux anguleux écrasés les uns contre les autres et s'interpénétrant parfois, sans laisser de vides entre eux, et par conséquent sans ciment.

Plus rarement la brèche ouralienne contient des morceaux de roches exotiques, schistes ou autres.

Dans le Lu Khu et dans le Lung Xung, une brèche est formée à la fois de calcaire ouralo-permien, de calcaires dévoniens et de la terre rouge provenant de l'altération de la roche ferrugineuse.

Enfin, les griottes de la Série de Ban Cra semblent devoir être considérées comme étant aussi des brèches d'écrasement.

d. — *Déformation des calcaires et métamorphisme.*

Le métamorphisme est traduit dans les calcaires par leur marmorisation plus ou moins complète, tout à fait générale dans l'Ouest de la région que nous avons étudiée.

La plupart de ces calcaires passent à des marbres saccharoïdes à grain plus ou moins gros, dont quelques uns ne diffèrent pas du marbre de Carrare.

Le développement de minéraux de métamorphisme, que nous avons signalé précédemment quand nous l'avons rencontré, est plutôt rare.

Les types d'écrasement sont extrêmement fréquents et nous en avons mainte fois parlé, surtout dans nos études du contact de l'Ouralien.

Je rappelle comme exemple celui présenté par la photographie A, Pl. XII.

2. — LES LYDIENNES

Les lydiennes sont cantonnées dans la Série de Ha Lang.

Ce sont des roches très litées, en bancs minces et réguliers de 3 à 5 cm. d'épaisseur ; elles sont souvent zonées, fragiles, et se débitent en petits parallélépipèdes.

Au microscope, elles présentent un fond amorphe sur lequel se détachent de très petits grains de quartz.

Je ne parle ici de ces roches que parce qu'on peut les confondre avec d'autres roches se présentant sur le terrain tout à fait sous les mêmes aspects ; ces roches à aspect de lydienne sont :

1°. Des quartzites noirs ou zonés situés dans les Schistes du Song Hiem, généralement à leur partie supérieure, sous la Brèche des sommets. Ces quartzites, composés de grains de quartz moulés, se distinguent au microscope sans la moindre difficulté.

2°. Des rhyolithes schistoïdes, existant dans divers massifs de rhyolithes, et qui correspondent à des plans de glissement dans la roche éruptive.

Pour ces roches également aucune confusion n'est possible au microscope qui montre toujours dans les préparations des quartz corrodés et des quartz globulaires.

3°. Des porphyrites laminées, très fréquentes à la base des Schistes du Song Hiem le long du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang. Certaines de ces roches ne montrent plus que de très rares microlithes de feldspaths (souvent andésine) sur un fond amorphe.

On n'y voit jamais de quartz comme dans les lydiennes. Sur le terrain elles se présentent tout à fait de la même façon que les lydiennes et sont fragiles comme elles, mais elles sont plus altérées, avec souvent un aspect terreux.

4°. Enfin, je signale pour mémoire des roches désignées par M. GIRAUD [19] sous le nom de tsingtautes. Dans ceux des gisements indiqués par M. GIRAUD que j'ai pu visiter, je n'ai recueilli aucune roche pouvant être rapportée à une rhyolithe sans phénocristaux. Les masses les plus considérables que j'ai vues dans la Fenêtre de Yen Lac sont des lydiennes. Ailleurs d'autres sont des porphyrites à microlithes d'andésine.

SIXIEME PARTIE

CONCLUSIONS

Je résumerai ci-dessous en quelques pages les résultats de mes études géologiques dans le Nord-Est du Tonkin, depuis la frontière de Chine à l'Est de la province de Lang Son et du Territoire militaire de Cao Bang, jusqu'à la Rivière Claire de Ha Giang à Tuyen Quang.

Déjà considérée antérieurement à mes travaux, du moins dans sa partie ouest, comme un Pays de Nappes, cette région montre en effet des lambeaux charriés qui reposent sur une série schisteuse recouvrant elle-même des Massifs autochtones. Ces derniers seuls ont fourni assez de fossiles pour permettre une étude stratigraphique un peu détaillée. Il est utile de préciser que ces Massifs autochtones ont subi le contre-coup des charriages qui se sont traduits par des étirements très fréquents, de sorte qu'il n'est pas possible de trouver, dans la contrée qui nous intéresse, de belles séries continues.

1. — LES MASSIFS AUTOCHTONES

Les massifs autochtones peuvent se grouper suivant trois arcs, grossièrement concentriques entre eux et concentriques à un massif, également autochtone et formé exclusivement de terrains cristallins, le Massif du Haut Song Chay.

Les éléments de ces arcs, envisagés de l'extérieur à l'intérieur, c'est-à-dire de l'Est à l'Ouest, sont les suivants :

1°. Les Massifs autochtones externes comprenant du Sud au Nord, le Massif du Bac Son, les affleurements de calcaires ouraliens des Régions de Diem He, de Lang Son, de Na Cham et de That Khe, et enfin le Massif calcaire de l'Est de Cao Bang qui paraît devoir se prolonger au Nord-Ouest par le Massif primaire autochtone du Dong Quan et du Chang Pong.

2°. L'arc médian jalonné, toujours du Sud au Nord, par la Fenêtre de Yen Lac, la Fenêtre de Phieng Dia, le petit Anticlinal calcaire du Song Tse Lao et l'Anticlinal du Lung Xung qui va se raccorder au Lu Khu (partie septentrionale du Massif de l'Est de Cao Bang).

3°. L'arc du Coc Xo correspondant à l'Anticlinal du Coc Xo proprement dit, au Dôme de Ngan Son, au Dôme du Nui Tong Tinh et aux affleurements calcaires de la vallée du Song Niao ; l'arc du Coc Xo peut être prolongé, dans l'extrême Nord du Tonkin, par le Massif du Dong Quan.

A. — Stratigraphie des Massifs autochtones.

Au point de vue stratigraphique, et en exceptant le Dong Quan qui sort du domaine de mon étude, les terrains sédimentaires des éléments autochtones sont exclusivement, où je les ai étudiés, le Dévonien moyen et supérieur et l'Ouralo-Permien. Certains de ces Massifs présentent également des terrains cristallins.

I. — Terrains cristallins.

Les terrains cristallins ne se rencontrent que dans l'Arc du Coc Xo dont un des éléments présente, avec le Phan Ngame, des granites qui passent à des gneiss passant eux-mêmes à des schistes et à des calcaires eiféliens fossilifères. Le granite du Phan Ngame est donc post-dévonien.

II. — Dévonien.

Je vais considérer le Dévonien successivement dans le Massif calcaire de l'Est de Cao Bang, puis dans les Fenêtres.

A l'Est de Cao Bang la série est la suivante, de bas en haut :

1° — Schistes de Bang Gioc à *Spirifer* cf. *crispus* HISINGER et grès du Bong Son.

2° — Schistes à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM avec calcaires dolomitiques et rochers à *Stromatoporidés* subordonnés ; les schistes, généralement très fossilifères et très constants, ont fourni une riche faune bien connue par les travaux antérieurs et définitivement rangée dans l'Eifélien.

3° — Calcaires dans lesquels j'ai rencontré *Stringocephalus Burtini* DEFANCE.

4° — Série de Ha Lang formée de calcaires siliceux à phtanites avec importantes intercalations de lydiennes. Ces calcaires ne m'ont fourni que quelques polypiers dévoniens et *Gyroceras halangense* MANSUY.

5° — Série de Ban Cra composée de schistes en plaquettes contenant ailleurs des *Styliola*, et de calcaires griottes sans fossiles.

Les terrains de la Fenêtre de Yen Lac complètent les indications de la succession précédente.

Ils montrent à leur base la Série de Na Man, située sous le complexe schisto-calcaire à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, par conséquent au niveau des schistes de Ban Gioc et des grès du Bong Son.

Cette série très fossilifère a fourni notamment, d'après les déterminations de M. MANSUY et une révision récente de M. PATTE :

Calceola sandalina LAMARCK.

Plectambonites yenlacensis MANSUY.

Rafinesquina Douvillei MANSUY.

Chonetes Lantenoisi MANSUY.
Strophonella inversa MANSUY.
Spirifer aff. *speciosus* SCHLOTHEIM.
Spirifer cf. *crispus* HISINGER.
Proetus namanensis MANSUY, etc. . .

J'ai rencontré toutes ces espèces, sur un point ou sur un autre, avec la faune à *Spirifer speciosus* SCHLOTHEIM, sauf le *Spirifer* comparé à *Sp. crispus* HISINGER; celui-ci, considéré jusqu'ici en Indochine comme caractéristique du Gothlandien, apparaît maintenant comme moins probant. L'ensemble de la faune de Na Man est eifélien; c'est donc à l'Eifélien qu'il faut attribuer également les schistes de Ban Gioc et les grès du Bong Son.

A Yen Lac, sur les Schistes à *Spirifer speciosus* vient une épaisseur considérable de lydiennes avec calcaires subordonnés, qui représentent ici la Série de Ha Lang; puis on trouve la Série schisto-calcaire dite de Pa Pei qui m'a fourni notamment :

Rhynchonella cuboides SOWERBY.
Rh. letiensis GOSSELET mut. *orientalis* MANSUY.

Ces deux espèces, dont j'ai recueilli la dernière également à Phieng Dia, permettent d'attribuer au Dévonien supérieur la Série de Pa Pei et les terrains de la Fenêtre de Phieng Dia.

En résumé, les terrains envisagés nous montrent avec certitude, dans le Dévonien, la série stratigraphique suivante de haut en bas (1).

Dévonien supérieur. — Séries de Pa Pei et de Phieng Dia. Série de Ban Cra.

Givétien.	{	Série de Ha Lang.
	{	Calcaire à <i>Stringocephalus Burtini</i> DEFRANCE.
Eifélien.	{	Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> avec calcaires subordonnés.
	{	Série de Na Man. Schistes de Ban Gioc et grès du Bong Son.

III. — Ouralo-Permien.

L'Ouralo-Permien, représenté par des masses calcaires souvent importantes, ne m'a fourni comme fossiles déterminables que *Spirifer Nikitini* TSCHERNYSCHEW et quelques Fusulinidés (dont *Schwagerina princeps* EHRENBURG).

(1) J'ai visité, au Sud de la région que j'ai étudiée et sur le prolongement de la Fenêtre de Yen Lac, des schistes gothlandiens signalés par M. GIRAUD; ils forment un affleurement très restreint près de Na Yam, sous un complexe schisto-calcaire très écrasé, et ne se placent malheureusement pas dans une succession lithologique régulière. Le Dévonien inférieur m'est inconnu dans la contrée que j'ai parcourue.

B. — Structure des éléments autochtones.

La disposition tectonique des terrains dans les éléments autochtones révèle des particularités intéressantes. Le plus complet de ces éléments, le Massif autochtone de l'Est de Cao Bang, permet les observations suivantes :

Le fait le plus apparent, reconnu depuis les premières explorations, réside dans la discordance de la masse ouralo-permienne sur les terrains dévonien ; les calcaires ouralo-permiens débutent presque toujours par des brèches interprétées jusqu'ici comme étant l'indice d'une transgression ; je leur attribue plutôt une origine tectonique.

L'allure des brèches, composées de morceaux très anguleux, de toutes dimensions, jamais roulés, montrant souvent au microscope des parties recristallisées, tordues ; la nature des morceaux, surtout constitués par l'Ouralien qui est massif au dessus de la brèche ; la nature du ciment formé de calcite avec grands rhomboèdres de clivage atteignant plusieurs centimètres, sont autant de caractères d'une brèche de friction.

D'autres preuves du charriage sont données par le laminage intense du Dévonien sous-jacent, dont les bancs au contact sont particulièrement froissés et tordus, ainsi que par les suppressions de séries fréquentes au sein même du Dévonien, surtout vers l'Ouest du Massif, près du domaine des Schistes du Song Hiem superposés à l'Ouralien.

Sous l'Ouralien discordant on reconnaît, à l'Est de Cao Bang, une disposition en dômes, relativement tranquille dans la partie orientale du Massif, où ces dômes séparent des dépressions synclinales ayant souvent conservé des lambeaux importants des calcaires ouraliens.

Dans l'Ouest du massif, au contraire, la couverture ouralienne, à peu près horizontale, recoupe par sa base la tête des dômes écrasés des terrains dévonien ; c'est là que la discordance tectonique s'observe avec le plus de netteté à la faveur de fenêtres, par exemple au Nord de Quang Uyen et en de nombreux points du Lu Khu.

Bref, les choses semblent s'être passées comme si la couverture ouralienne avait été charriée sur une région plissée en dômes, un peu avant son arrivée.

La Fenêtre de Yen Lac nous montre également du Dévonien faiblement plissé sous le manteau discordant des Schistes du Song Hiem.

2. — LES NAPPES DANS LE NORD-EST DU TONKIN

Au dessus des divers Massifs autochtones du Nord-Est du Tonkin sont conservés des éléments tectoniquement plus élevés : à la base une série de schistes auxquels je donne le nom de *Schistes du Song Hiem*, et, au dessus, des lambeaux de Nappes de charriage, dites *Nappes du Song Gam*.

A. — Les Schistes du Song Hiem.

Ces Schistes correspondent à des formations antérieurement reconnues dans le Nord (Région de Ha Giang) sous le nom de Nappe du Song Mien, et dans le Sud (Feuilles de That Khe et de Pho Binh Gia), sous celui de Schistes du Système X ; j'ai établi

la continuité entre ces deux formations et l'on peut maintenant suivre les Schistes du Song Hiem depuis la région de Yen Minh jusqu'au Sud de That Khe, c'est à dire sur une longueur de plus de 250 kilomètres.

Partout, les Schistes du Song Hiem reposent par contact anormal sur les terrains sous-jacents.

Dans la Région de Cao Bang en particulier, ils entraînent des lambeaux de calcaires ouraliens, qui débent par des anticlinaux encore attenants au substratum, et qui s'en séparent ensuite pour ne plus former, entre les lames des Schistes, que des amandes étirées de plus en plus réduites ; les phases progressives de ce phénomène sont particulièrement visibles entre le petit plateau du Toc Lang et les environs de Cao Bang.

Le Massif du signal de Cao Bang montre des calcaires de la couverture ouralienne rebroussés par le mouvement des Schistes du Song Hiem.

Des mylonites siliceuses sont fréquentes au contact de la base des Schistes du Song Hiem.

A la périphérie des éléments autochtones, et sur presque toute la longueur du contact de base des Schistes, on rencontre des massifs plus ou moins importants de roches éruptives andésitiques très écrasées, de structure variée (depuis un gabbro jusqu'à des roches microlithiques avec beaucoup de verre) correspondant à celles que M. JACOB, dans le Nord-Annam, désigne globalement sous le nom de *Porphyrites*.

Exceptionnellement ces roches sont injectées dans le substratum autochtone, comme on peut le voir dans le Massif primaire de l'Est de Cao Bang, où des roches vertes, qui se mettent en continuité avec celles des Schistes du Song Hiem, se présentent en traînées discontinues parallèles à la ligne de contact des terrains autochtones et des schistes charriés, et sont d'autant plus abondantes que l'on se rapproche davantage de cette ligne.

Ces mêmes roches peuvent monter également dans la base des Nappes du Song Gam, comme au Binh Lang, où elles forment des massifs importants au milieu des calcaires ouralo-permiens charriés.

La position de ces roches vertes qui occupent, ici comme dans les autres régions du Tonkin, un niveau tectonique constant et qui n'ont pas de niveau stratigraphique limité, confirme l'hypothèse de M. JACOB qui les considère comme concomitantes du charriage (1).

Les Schistes du Song Hiem ne m'ont fourni aucun fossile ; ils se prolongent vers le Sud jusqu'au voisinage de Lang Son où l'on trouve du Trias fossilifère (Trias moyen) qui repose, également par contact anormal, sur le Pays autochtone, c'est-à-dire sur le Massif de l'Est de Cao Bang, sur le Bac Son et sur les affleurements de rochers calcaires établissant la jonction entre les deux (2).

Malheureusement, il n'est pas possible de prouver qu'il y a passage du Trias aux Schistes du Song Hiem, et même, suivant un arc formant hernie vers le Sud-Est entre

(1) Il existe également dans le Nord-Est du Tonkin des roches vertes d'origine différente, qui paraissent postérieures aux charriages et sont peut-être en relation avec quelques failles accompagnant les plissements récents.

(2) Il ne peut être question ici de transgression du Trias sur l'Ouralien.

les deux massifs précédents, on peut voir les Schistes glisser, par contact anormal, sur le Trias fossilifère.

Le seul point où la continuité pourrait exister est masqué complètement par le Bassin tertiaire de That Khe.

En revanche, il semble qu'il y ait continuité stratigraphique, entre ces Schistes du Song Hiem dans la région de Bac Kan et le Rhétien de Phan Me, avec la série ascendante : Schistes du Song Hiem, Brèche des sommets, Schistes à charbon du Rhétien.

Indépendamment des roches basiques signalées ci-dessus, les Schistes du Song Hiem renferment dans leur partie inférieure des intercalations souvent très importantes de rhyolithes, tantôt à quartz globulaire, tantôt pétrosiliceuses, qui se rencontrent aussi très fréquemment dans le Trias de Lang Son.

Les rhyolithes sont souvent écrasées dans le Trias de Lang Son ; elles le sont toujours dans les Schistes du Song Hiem.

A l'opposé des roches vertes, je n'ai jamais rencontré les rhyolithes dans les terrains primaires autochtones ou dans les Nappes du Song Gam.

J'ai trouvé des galets de ces rhyolites dans un poudingue dépendant des Schistes du Song Hiem. Ces derniers renferment aussi en abondance des « Grès Singuliers » dont les éléments sont empruntés aux rhyolithes. Je conclus que la venue des rhyolithes est antérieure au dépôt des poudingues et grès. Elle est sûrement d'âge secondaire et probablement d'âge triasique.

B. — Les Nappes du Song Gam.

Sur les Schistes du Song Hiem s'appuient des lambeaux de Nappes, au nombre de trois.

Le petit lambeau du Kim Hi, à l'Ouest de Yen Lac, repose à la fois sur les Schistes du Song Hiem et sur le Dévonien du Coc Xo, par étirement des Schistes. De petites dépendances de ce lambeau s'appuient directement sur les différents termes du Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac.

Le lambeau du Kim Hi et celui, plus considérable, du Binh Lang, situé au Nord-Ouest de Cao Bang, correspondent à une seule Nappe, et dans leur ensemble, à une seule lame, celle du Col des Partisans que nous allons définir dans le troisième lambeau, de beaucoup le plus important.

Ce dernier est conservé dans une grande dépression synclinale à axe courbe qui prend place entre l'arc Coc Xo-Dong Quan et le Massif du Haut Song Chay. Dans ce vaste lambeau qui fournit, avec un entablement calcaire, un des traits géographiques majeurs du Nord-Est du Tonkin, j'arrive à distinguer deux Nappes dont chacune est constituée par plusieurs lames distinctes.

La *Nappe inférieure* correspond à deux lames séparées encore par des schistes identiques aux Schistes du Song Hiem. Ce sont respectivement, de bas en haut :

1° — La lame dite *Lame de Ha Giang* dont l'étendue est considérable, et qui occupe à l'Est de la Rivière Claire, le vaste pays que nous avons désigné sous le nom de Massif du Moyen Song Gam.

2° — La *Lame du Col des Partisans* qui forme la corniche principale de l'entablement dont il a été question plus haut.

La première m'a fourni, à l'Est de la Feuille de Bao Lac, des Favositidés et un *Spirifer* cf. *Cabedanus* DE VERNEUIL et D'ARCHIAC, fossiles qui impliquent pour cette lame un âge dévonien.

J'ai trouvé dans les lambeaux de la seconde, notamment à Pa Khao (Ouest du Binh Lang), la faunule suivante :

Fusulina japonica GÜMBEL.

Schwagerina Verbeecki GEINITZ.

Doliolina lepidā SCHWAGER.

Neoschwagerina craticulifera SCHWAGER.

espèces du Permien inférieur du Japon.

Vers le Sud, les divers éléments de la Nappe inférieure du Song Gam, mêlés de lambeaux arrachés tant à la Série intermédiaire (Rhyolithes, schistes, Brèche des sommets), qu'au substratum autochtone, sont complètement broyés et forment la Zone du Bas Song Gam (Zone du Nui Rao de M. le Commandant DUSSAULT). Ces terrains viennent s'appuyer tant sur la Série intermédiaire que sur le substratum cristallin.

La *Nappe supérieure* comprend également deux lames, la *Lame de Lang Ca Phu* à la base, et la *Lame du Pia Ya* au dessus ; l'ensemble de ces deux lames est conservé dans la dépression formée par la *Lame du Col des Partisans*.

Cette Nappe supérieure se distingue de la précédente par la présence, à la base de chacune des deux lames, d'éléments cristallins, tandis que la partie supérieure des lames est formée de schistes et de calcaires plus ou moins métamorphisés, qui, dans leur ensemble, rappellent par leur faciès le Dévonien de Ngan Son et du Coc Xo, sans qu'il soit possible toutefois de les dater d'une manière précise.

Les terrains cristallins de la lame inférieure, très écrasés, affleurent principalement dans la région au Sud-Est de Bac Me. Ce sont surtout des roches sodiques (syénites éléolithiques à aegyrine, amphibole sodique et zircon), avec des schistes amphiboliques.

Pour la *Lame du Pia Ya*, c'est dans le splendide pic du Pia Ya proprement dit que se rencontre, avec une épaisseur de plus de 1000 mètres, un beau granite porphyroïde à mica noir, souvent avec diopside, écrasé à la base et suivi de gneiss amphiboliques.

La *Lame du Pia Ya* vient se terminer vers le Sud au voisinage du chemin de Bac Kan à Chiem Hoa ; celle de *Lang Ca Phu* se prolonge un peu plus au Sud, dans la région au Nord de Cho Chu.

C. — L'origine des Nappes.

Les Schistes du Song Hiem semblent devoir être considérés comme étant le revêtement d'âge secondaire décollé sur les terrains autochtones et entraîné dans le mouvement des Nappes proprement dites.

J'incline avec M. JACOB à enraciner dans la Zone de Pa Kha la Nappe inférieure du Song Gam, qui semble être en continuité, par le Sud du Massif du Haut Song Chay, avec cette zone de Pa Kha [DUSSAULT 18 bis].

Quant à la Nappe supérieure du Song Gam, il m'est impossible, en l'état actuel de nos connaissances, de rechercher ses racines.

3. — LES GRANULITES DU PIA OAC.

Après avoir parlé des terrains cristallins charriés des Nappes du Song Gam, je tiens à revenir sur ceux des massifs autochtones parce que j'ai à indiquer des granites qui ne sont ni anciens et autochtones, ni charriés, et qui soulèvent une question délicate de la géologie indochinoise.

Dans le Dôme autochtone de Ngan Son nous connaissons, avec le granite du Phan Ngame, un élément du substratum qui est écrasé, aussi bien que les gneiss et les schistes ou les calcaires eiféliens qui l'accompagnent.

Tout autrement se présente la granulite stannifère du Pia Oac ; elle forme un batholithe qui entame la bordure du Dôme du Nui Tong Tinh et dont certaines apophyses pénètrent dans les micaschistes appartenant aux terrains autochtones du Dôme ; elle est entourée presque partout d'une auréole de cornéennes, qui correspondent au métamorphisme aussi bien des schistes probablement dévoniens du substratum que des schistes charriés, avec rhyolithes écrasées, reposant sur les éléments autochtones envisagés ici.

La granulite du Pia Oac doit donc être considérée comme étant montée postérieurement à la mise en place des terrains de la région.

4. — LA STRUCTURE DU NORD-EST DU TONKIN. LES PLISSEMENTS, ET LES MOUVEMENTS RECENTS

Le Nord-Est du Tonkin est caractérisé par un plissement en arcs concentriques, admettant pour centre le Massif du Haut Song Chay. Dans les anticlinaux affleurent les Massifs autochtones. Dans les synclinaux sont conservés les éléments charriés. L'existence de plis secondaires dans chacun des trois éléments superposés, terrains autochtones, Schistes du Song Hiem et Nappes du Song Gam, (dans la région de Yen Lac en particulier), nous amène à considérer ces plissements en arcs comme contemporains des charriages. Ces charriages eux-mêmes sont postérieurs au Trias (on sait dans d'autres régions du Tonkin qu'ils sont même postérieurs au Callovien) et antérieurs à l'Oligocène.

Des plis plus récents se sont surimposés au plissement en arcs, formant des dépressions nord-ouest — sud-est dans lesquelles se sont effectués des dépôts lacustres. L'une de ces dépressions intéresse le Nord-Est du Tonkin et renferme les Bassins tertiaires de Cao Bang, de That Khe et de l'Est de Lang Son.

Ces Bassins tertiaires sont eux-mêmes faiblement plissés, ce qui montre la continuation, postérieurement à leur dépôt, des mouvements qui ont donné naissance aux dépressions.

Enfin, il existe dans le Nord-Est du Tonkin une pénéplaine très nette, des restes de hauts niveaux et des vallées emboîtées, ainsi que des terrasses plus récentes, qui témoignent de changements fréquents du niveau de base.

Les changements les plus anciens du niveau de base doivent être attribués au plissement dont nous avons parlé ci-dessus, les derniers étant le fait de mouvements eustatiques ou épéirogéniques. Ces mouvements sont également démontrés par des modifications récentes du réseau hydrographique. Il n'est pas possible de distinguer des cycles successifs bien individualisés.

Les formes actuelles des terrains du Nord-Est du Tonkin ne sont que partiellement en relation avec la structure. Les vallées larges, dans lesquelles sont conservés les restes de hauts niveaux, sont imposées par les plissements successifs que nous venons de signaler. Par contre, les vallées étroites sont complètement indépendantes de la structure du sol et même de la nature des roches et scient, en de profonds canyons, les éléments tectoniques et stratigraphiques les plus variés.

5. — LES ROCHES DU NORD-EST DU TONKIN

J'ai récolté et examiné environ deux mille échantillons de roches. J'ai cru utile d'en décrire quelques uns.

J'ai pu ainsi mettre en évidence les différences pétrographiques très nettes existant entre les roches acides de profondeur appartenant à des massifs de position tectonique différente. Seules de toutes ces roches, les granulites récentes du Pia Oac ne sont pas écrasées. J'ai aussi présenté, à l'occasion de l'étude de ces dernières, la description de quelques uns des minéraux qui les accompagnent.

Je rappelle également les syénites éléolithiques avec aegyrine, hastingsite ? et zircon que j'ai trouvées dans la Région du Pia Ma, roches présentant parfois un aspect gneissique curieux.

J'ai décrit enfin quelques types de roches d'épanchement ou d'intrusion, rhyolithes et roches vertes variées, et quelques roches sédimentaires intéressantes.

TABLES DES FIGURES ET DES PLANCHES

FIGURES

	Pages
Fig. 1 Croquis de la région étudiée	21
— 2 Coupe nord-ouest — sud-est par Lung Mo	72
— 3 Coupe nord-sud par Na Man.	73
— 4 Coupe de la Région de Ban Cra.	80
— 5 Coupe nord-sud par Bo Da.	83
— 6 Coupe est-ouest relevée à 3 kilomètres au Sud de Yen Lac.	85
— 7 Détail de la partie ouest de la coupe de la figure 6	86
— 8 Schéma structural du Nord-Est du Tonkin.	120
— 9 Coupe de la branche nord-ouest du Bong Son et du Synclinal de Tu My	132
— 10 Coupes de l'Anticlinal de Tra Linh et de la Zone de Hang Ga	134
— 11 Coupe du Plateau de Hang Ga au Nord de Ban Ngan.	136
— 12 Coupe du contact du Phong Nam et du Dôme de Na Man, à Na Long.	137
— 13 Coupe du Synclinal de Phuc Hoa, du Dôme de Cach Linh et du Pays de Ha Lang	138
— 14 Coupe de la bordure du Pays de Ha Lang, ...	141
— 15 Coupe de la Fenêtre de Co Phay	143
— 16 Coupe du Dôme de Na Phan (Pays de Dong Khe) par Than Than.	147
— 17 Coupe schématique du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang et de sa bordure ouest	164
— 18 Schéma de la Région de Bi Nhi et de Lang Son	170
— 19 Coupe sud-ouest — nord-est par Na Cham	172
— 20 Coupe aux environs de Dong Dang	173
— 21 Coupe de la vallée du Song Ky Kong au Sud de Na Cham.	177
— 22 Coupe du Trias moyen et des massifs de rhyolithes à l'Ouest de Lang Son	180
— 23 Coupe du massif rhyolithique au Sud-Ouest de That Khe.	181
— 24 Schéma de la partie centrale de l'Arc du Coc Xo	190
— 25 Schéma du Dôme de Ngan Son	192
— 26 Coupe de la bordure ouest du Dôme de Ngan Son par Na Noi.	193
— 27 Coupes du Dôme de Ngan Son	194
— 28 Schéma du Dôme du Nui Tong Tinh et du Pia Oac, ...	198
— 29 Coupes du Dôme du Nui Tong Tinh et du Pia Oac.	200
— 30 Coupe par Ariane.	203
— 31 Coupe de l'Anticlinal du Coc Xo	206

	pages
Fig. 32 Schéma de la Fenêtre de Yen Lac	208
— 33 Coupes de la Fenêtre de Yen Lac	210
— 34 Coupe à l'Est de Na Ri	212
— 35 Coupes de la Région de Ha Giang	233
— 36 Coupe de la bordure ouest du Binh Lang.	240
— 37 Coupe schématique par le Pia Oac et les Ba Chau.	264
— 38 Cristaux de wolfram.	277

PLANCHES HORS TEXTE

Planches I à XI	Paysages géologiques.
— XII & XIII	Photographies de roches.
— XIV	Minéraux du Pia Oac.
— XV & XVI	Microphotographies de roches acides de profondeur.
— XVII & XVIII	— de rhyolithes.
— XIX & XX	— de roches vertes.
— XXI	— de roche ferrugineuse et de calcaires.
— XXII	Schéma structural du Massif autochtone de l'Est de Cao Bang au 1/200.000 ^e .
— XXIII	Coupes de l'Anticlinal du Bong Son au 1/50.000 ^e .
— XXIV	Coupes du contact du Massif de l'Est de Cao Bang avec les Schistes du Song Hiem au 1/100.000 ^e .
— XXV	Schéma tectonique des Nappes du Nord du Tonkin au 1/500.000 ^e .
— XXVI	Coupes à travers les Nappes dans le Nord-Est du Tonkin au 1/200.000 ^e .
— XXVII	Schéma tectonique de la vallée du Song Niao et du Binh Lang au 1/200.000 ^e .

CARTE GÉOLOGIQUE EN COULEURS DU NORD-EST DU TONKIN
au 1/300.000^e.

TABLE DES MATIERES

	Pages
PRÉFACE	9
INTRODUCTION	13
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	15

PREMIERE PARTIE

APERÇU GÉOGRAPHIQUE

INTRODUCTION.	21
-----------------------	----

CHAPITRE I. — Description des régions naturelles.

1. — <i>Chaîne de Ngan Son.</i>	
<i>a. Le Massif du Binh Lang. — b. Le Massif du Nui Tong Tinh et le Pia Oac. — c. Le Pays de Ngan Son, le Massif du Coc Xo et le Kim Hi. — d. Le Bac Son</i>	24
2. — <i>Bassins du Song Hiem et du Song Bac Giang</i>	27
3. — <i>Plateau de l'Est de Cao Bang.</i>	
<i>a. Le Lu Khu. — b. Le Lung Xung. — c. Le Pays de Tra Linh. — d. Le Quang Uyen. — e. Le Pays de Dong Khe. — f. Le Bong Son. — g. Le Pays de Trung Khanh Phu. — h. Le Pays de Ha Lang.</i>	28
4. — <i>La Région de Bi Nhi et de Lang Son</i>	37
5. — <i>Le Pays des Schistes du Song Cau au Song Nhiem.</i>	38
6. — <i>Le Plateau de Lang Ca Phu.</i>	40
7. — <i>Le Massif du Moyen Song Gam</i>	40
8. — <i>La Zone du Bas Song Gam</i>	41
9. — <i>Le Pays de Cho Chu.</i>	42
10. — <i>Types de Pays du Nord-Est du Tonkin</i>	42

CHAPITRE II. — Les populations du Nord-Est du Tonkin	43
--	----

DEUXIEME PARTIE

PHYSIOGRAPHIE

	Pages
INTRODUCTION	47
CHAPITRE I. — Les anciennes surfaces d'érosion.	49
CHAPITRE II. — Etude du réseau hydrographique du Nord-Est du Tonkin.	
1. — <i>Les vallées larges dans la Zone médiane.</i>	52
2. — <i>Les vallées encaissées</i>	53
3. — <i>La dépression Cao Bang-Loc Binh</i>	54
4. — <i>L'ancien lac de Lang Son</i>	57
CHAPITRE III. — Les mouvements postérieurs aux charriages.	58

TROISIEME PARTIE

STRATIGRAPHIE

INTRODUCTION.	61
CHAPITRE I. — Terrains éruptifs et cristallophylliens	65
CHAPITRE II. — Cambrien	66
CHAPITRE III. — Silurien et Dévonien.	
1. — <i>Exposé des travaux antérieurs</i>	67
2. — <i>Etablissement d'une échelle stratigraphique et listes des fossiles</i>	71
A. — Terrains antérieurs aux Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> . — <i>a. Série du Bong Son. — b. Série de Na Man</i>	71
B. — Zone à <i>Spirifer speciosus</i> et étages du Dévonien supérieurs à cette zone. — <i>a. Région de Ban Cra. — b. Dévonien de la Fenêtre de Yen Lac. — c. Schistes et calcaires de Phieng Dia</i>	79
3. — <i>Discussion des listes de fossiles</i>	90
A. — Terrains inférieurs aux Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> . Etude des coupes. — <i>a. Schistes à Climacograptus scalaris. — b. Région de Yen Lac et de Na Man.</i>	94
B. — Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> SCHLOTHEIM.	96
C. — Givétien.	97
D. — Dévonien supérieur.	97
4. — <i>Comparaisons avec les travaux antérieurs</i>	98
5. — <i>Extension du Gothlandien et du Dévonien dans le Nord-Est du Tonkin.</i>	

	Pages
A. — Gothlandien. — B. Terrains inférieurs aux Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> . — C. Schistes à <i>Spirifer speciosus</i> , calcaires noirs eiféliens et Givétien. — D. Dévonien supérieur	101
CHAPITRE IV. — Ouralo-Permien.	105
CHAPITRE V. — Terrains secondaires.	
1. <i>Trias et Lias</i>	108
2. <i>Les Schistes du Song Hiem</i>	110
CHAPITRE VI. — Tertiaire et Quaternaire.	
1. <i>Tertiaire</i> .	
a. Bassin de Cao Bang. — b. Bassin de That Khe. — c. Bassin du Nord-Est de Lang Son	113
2. <i>Quaternaire</i> .	
Alluvions anciennes et récentes. — Tufs.	115

QUATRIEME PARTIE

LA STRUCTURE DU NORD-EST DU TONKIN.

INTRODUCTION	117
CHAPITRE I. — Le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang . . .	124
1. — <i>L'Anticlinal du Bong Son</i>	126
2. — <i>L'Anticlinal de Tra Linh</i>	133
3. — <i>Le Pays de Trung Khanh Phu</i>	133
4. — <i>Le Dôme de Cach Linh</i>	138
5. — <i>Le Pays de Ha Lang</i>	139
6. — <i>Le Lu Khu. et le Quang Uyen</i>	141
7. — <i>La Région de Dong Khe</i>	145
8. — <i>Relations du Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang avec les Schistes du Song Hiem</i>	148
I. — Les contacts dans la zone située au Sud de Cao Bang	150
II. — Les contacts dans la zone située au Nord de Cao Bang et les environs de Cao Bang. — a. Le Synclinal de Soc Giang et la partie nord de la bordure du Lu Khu. — b. La vallée du Haut Song Bang Giang et les contacts de la bordure ouest du Lu Khu. — c. Les environs de Cao Bang. — d. La Fenêtre de Phieng Dia.	152
9. — <i>Les roches éruptives dans le Massif autochtone primaire de l'Est de Cao Bang</i>	157
I. — Roches à pyroxène	158
II. — Roche ferrugineuse	160

	Pages
10. — <i>Conclusions d'ensemble sur la structure du Massif primaire autochtone de l'Est de Cao Bang et sur ses relations avec les Schistes du Song Hiem.</i>	163
CHAPITRE II. — <i>La jonction des massifs autochtones externes</i>	168
1. — <i>Les affleurements ouraliens entre le Massif de Dong Khe et le Bac Son.</i>	169
<i>Le Bac Son</i>	174
2. — <i>La Couverture triasique.</i>	
<i>a. La cuvette de Bi Nhi. — b. Le Trias de Diem He. — c. Les roches éruptives de la couverture triasique</i>	175
3. — <i>Les contacts des Schistes du Song Hiem avec la Région autochtone de Lang Son et du Bac Son.</i>	
<i>a. Etude d'une coupe passant par Ban Nam. — b. Les environs de That Khe. — c. Les contacts des Schistes du Song Hiem avec le Trias de Diem He et le Bac Son.</i>	180
4. — <i>Coup d'oeil d'ensemble sur la jonction des Massifs autochtones externes et sur le Trias de Bi Nhi et de Lang Son.</i>	185
CHAPITRE III. — <i>Les Fenêtres.</i>	
<i>Généralités</i>	188
1. — <i>Le Dôme de Ngan Son.</i>	189
2. — <i>Le Dôme du Nui Tong Tinh et le Pia Oac.</i>	
<i>A. — Le Dôme du Nui Tong Tinh</i>	197
<i>B. — Contacts des Schistes du Song Hiem avec le Dôme du Nui Tong Tinh.</i>	199
<i>C. — Le Massif de granulite du Pia Oac</i>	201
3. — <i>L'Anticlinal du Coc Xo.</i>	206
4. — <i>La Fenêtre de Yen Lac.</i>	207
5. — <i>Le Kim Hi et les calcaires ouralo-permiens de la Fenêtre de Yen Lac.</i>	211
6. — <i>Considérations d'ensemble sur les Fenêtres.</i>	214
CHAPITRE IV. — <i>Les Schistes du Song Hien et les Nappes du Nord-Est du Tonkin.</i>	216
1. — <i>Les Nappes dans le Synclinal de Lang Ca Phu.</i>	221
<i>a. — La Lame de Lang Ca Phu.</i>	222
<i>b. — La Lame du Col des Partisans</i>	226
<i>c. — La Lame du Pia Ya.</i>	227
<i>d. — La Lame de Ha Giang et les Schistes de la Rivière Claire</i>	230
<i>e. — La Zone du Bas Song Gam</i>	236
2. — <i>Les vallées du Song Niao et du Song Nhiem et les Schistes du Song Hiem.</i>	238
<i>a. — Les Diabases et les Calcaires du Song Niao.</i>	239
<i>b. — Les Calcaires moyens.</i>	241
<i>c. — Les Schistes du Song Hiem et les roches éruptives (rhyolithes et porphyrites)</i>	243

	Pages
d. — Le bordure ouest et sud-ouest du Binh Lang	248
e. — La structure d'ensemble des éléments tectoniques de la vallée du Song Niao	249
3. — <i>Le Binh Lang</i>	250
a. — Le Lung Xung	251
b. — La bordure est et sud du Binh Lang	252
c. — L'intérieur du Binh Lang	253
CHAPITRE V. — Les Bassins tertiaires.	
a. Bassin tertiaire de Cao Bang. — b. Bassin tertiaire de That Khe	255
CHAPITRE VI. — Les relations des éléments structuraux du nord-est du Tonkin.	
1. — <i>Les coupes de la Région de That Khe</i>	257
2. — <i>Les coupes de la Région de Ha Giang.</i>	
a. Les terrains autochtones. — b. La Nappe du Song Mien. — c. Les lambeaux des Nappes préyunnanaises	258
3. — <i>Coupes des Régions de Bao Lac et de Cao Bang.</i>	
A. — Coupe par les environs de Bao Lac	262
B. — Coupe par le Pia Oac et les Ba Chau. — I. La Région autochtone des Ba Chau. — II. Les écailllements de bordure. — III. Le prolongement sud-est de la Nappe du Song Mien, la Zone frontale des Nappes préyunnanaises et le Pia Oac	263
4. — <i>Remarques sur la structure du Nord-Est du Tonkin.</i>	
a. Les plissements. — b. Le rôle des éléments tectoniques et l'origine des Nappes	265

CINQUIEME PARTIE

ÉTUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES DU NORD-EST DU TONKIN

INTRODUCTION.	271
CHAPITRE I. — Roches éruptives acides de profondeur.	
1. — Le Phan Ngame	272
2. — Le Nui Tong Tinh	273
3. — Les granulites du Pia Oac.	274
4. — Les minéraux du Pia Oac.	275
5. — Le Phia Bioc et la Région de Cho Ra.	279
6. — Le Pia Ya et la Région de Lang Ca Phu.	280
7. — Le Massif du Pia Ma	282
8. — Résumé.	283

CHAPITRE II. — Rhyolithes.

1. — Phénocristaux.	
Quartz. — Feldspaths	286
2. — La pâte des rhyolithes.	
a. Rhyolithes à quartz globulaire. — b. Rhyolithes pétrosili-	
ceuses. — c. Rhyolithes vitreuses	287
3. — Minéraux accessoires et minéraux secondaires. — Inclusions.	290
4. — Types d'écrasement.	291
5. — Roches annexes aux rhyolithes.	
Cinériles. Tufs. Grès Singuliers	292

CHAPITRE III. — Roches basiques.

1. — Roches à andésine.	
A. Description des types. — B. Comparaison des types de	
roches à andésine. — C. Extension des roches à andésine .	294
2. — Roches à labrador ou à feldspath plus basique.	
A. Roches sans péridot. — B. Roches à péridot.	299
3. — Roche ferrugineuse des massifs ouralo-permiens.	303

CHAPITRE IV. — Roches sédimentaires.

1. — Calcaires.	
a. Calcaires oolithiques. — b. Calcaires construits. — c.	
Brèches calcaires. — d. Déformation des calcaires et	
métamorphisme	305
2. — Lydiennes.	307

SIXIEME PARTIE

CONCLUSIONS.

1. — Les Massifs autochtones.	
A. <i>Stratigraphie des Massifs autochtones</i>	
I. Terrains cristallins. — II. Dévonien. — III. Ouralo-Permien.	310
B. <i>Structure des éléments autochtones.</i>	312
2. — Les Nappes dans le Nord-Est du Tonkin.	
A. — Les Schistes du Song Hiem et les roches éruptives des Schistes	
du Song Hiem.	312
B. — Les Nappes du Song Gam.	314
C. — L'origine des Nappes	315
3. — Les granulites du Pia Oac	316
4. — La structure du Nord-Est du Tonkin, les plissements et les mouve-	
ments récents	316
5. — Les roches du Nord-Est du Tonkin.	317
TABLE DES FIGURES ET DES PLANCHES	319

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Les éponges calcaires : caractères généraux.

BOTANIQUE. — Les latex : constitution, formation et rôle physiologique.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 30 avril 1922.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

MOLLIARD.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

P. APPELL

PLANCHE I

A. — *Cuvette et exploitation d'alluvions stannifères de Tinh Tuc.*

Au fond, les rochers du Binh Lang.

B. — *La Cuvette de Tinh Tuc à Nam Kep.*

A droite, la fin des rochers calcaires du Binh Lang ; à gauche vers le bas, terrasse dont les alluvions sont exploitées pour la cassitérite ; à gauche au fond, croupe peut-être nivelée, appartenant au Pia Oac ; on voit au milieu le ruisseau venant de Tinh Tuc.

C. — *Poste de Ngan Son.*

Le Poste est construit sur des bancs de calcaires eiféliens à peu près horizontaux.

D. — *La Nam Ta et Tong Hue.*

Le rocher à droite du village montre un paquet d'Ouralien reposant sur un soubassement de Dévonien.

E. — *Le Pays de Trung Khanh Phu.*

Au premier plan, le Poste de Trung Khanh Phu ; tout le second plan est occupé par la Série de Ha Lang qui comprend ici surtout des lydiennes ; tout à fait au fond, le Massif ouralien du Loung Dinh (à gauche) et du Phong Nam (au milieu) ; le sommet le plus élevé visible sur la photographie est le Nui Loung Dinh (914 m.).

F. — *Cirque de Lung Xum, dans le Massif de Vinh To.*

Type de cirque dans les calcaires ouralo-permiens.



A



B



C



D



E



F

PLANCHE II

PLANCHE II

A. — *Le Lung Xung vu du Massif de Tap Na.*

Au milieu, dans le fond, le Massif calcaire du Lung Xung qui paraît derrière les collines du Tong Mai ; au premier plan les rochers calcaires du Song Tse Lao viennent se terminer périclinalement sous les schistes au milieu du bas de la photographie. Tout à fait dans le lointain, à droite, la ligne horizontale du Lu Khu.

B. — *Panorama du Pays de Trung Khanh Phu à Po Tau.*

Au premier plan les schistes eiféliens du Bong Son ; un peu à gauche du milieu de la photographie le sommet élevé est le Nui Khan Pung (873 m.) qui forme le noyau d'un petit anticlinal couché vers le Nord. Entre le Nui Khan Pung et les schistes du Bong Son, calcaires dévoniens du petit Synclinal de Lung Noi ; ces calcaires se réunissent à ceux du Synclinal de Bo Da qui passent derrière le Khan Pung. On voit ces calcaires se prolonger par quelques témoins sur la droite ; derrière eux sortent les schistes du Dôme de Na Man.

Vers la droite, tout à fait dans le fond, les calcaires ouraliens du Phong Nam.

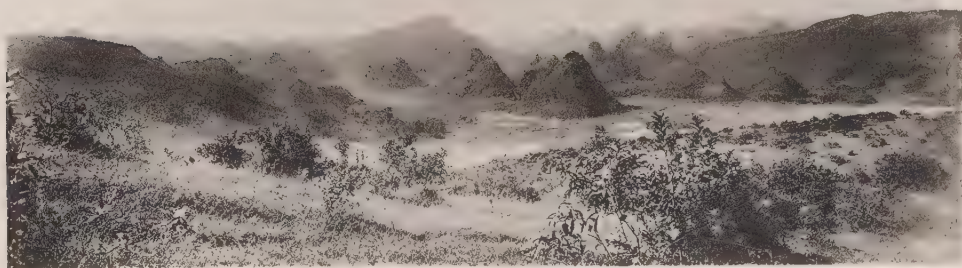
Remarquer l'érosion très avancée dans les calcaires et le nivellement général des sommets.

C. — *Chutes de Ban Gioc.*

En haut et à droite la falaise ouralienne à peu près horizontale repose en discordance sur les calcaires dévoniens en bancs très redressés qui forment les chutes.



A



B



C

PLANCHE III

PLANCHE III

A. — *Col dans le Massif de Vinh To, sur la route de Ha Lang à Ban Cra.*

B. — *Les tours de Ban Boun* (Pays de Ha Lang).

Paysage caractéristique de la Série de Ha Lang. Falaises de calcaires noirs, pentes de lydiennes.

C. — *Rocher près de Ha Lang.*

Aspect fréquent des calcaires de la Série de Ha Lang.

D. — *La falaise du Massif du Signal de Cao Bang à l'Est de Na Ky.*

Des échelles ont été aménagées sur le sentier difficile qui permet de pénétrer dans le massif calcaire.



A



B



C



D

PLANCHE IV

PLANCHE IV

A. — *Le Khao Me près de Lang Son (801 m.)*

Exemple de l'érosion dans les rhyolithes où les pics aigus semblables à celui-ci ont reçu des indigènes le nom de Khao (Corne).

B. — *Le Pia Ya (1980 m.)*

Le sommet du pic de granite domine de 1.000 m. la plaine du petit village de Ban Ong.

C. — *Résurgence de Ban Khao (Région de Ha Lang).*

La résurgence est creusée dans les calcaires dévoniens (à gauche) qui s'appuient sur les schistes à *Spirifer speciosus* (à droite).

D. — *Rizières étagées près de Nam Quet.*

Ces rizières sont le plus souvent aménagées dans les hauts bassins d'alimentation sur des cônes de déjection.

Sur la photographie, l'ensemble du pays est constitué par les Schistes du Song Hiem sur lesquels reposent des bancs de calcaires dévoniens.

E. — *Paysage Meo près de Duong Thuong.*

Cultures de maïs dans le cirque au milieu des massifs de calcaires ouralo-permiens.



A



B



C



D



E

PLANCHE V

PLANCHE V

A. — *Le Song Gam dans la région de Lang Ca Phu.*

B. — *Gorges de Na Pang (Song Gam).*

On voit le canyon étroit dû à l'érosion récente du Song Gam.

A droite la partie supérieure des rochers porte peut-être la trace d'un ancien niveau.

C. — *Le Pays de Lang Ca Phu.*

Type de formes dans les Calcaires de Lang Ca Phu.

D. — *Perte du Song Nang à Pong.*

E. — *Paysage dans le Massif du Binh Lang.*

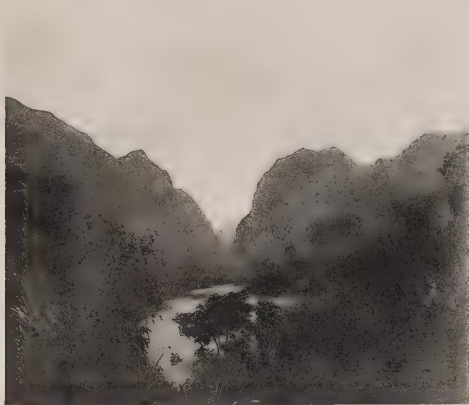
Dans le lointain, la crête dentelée du Lung Xung.

F. — *Ray sur les pentes du Pia Ngom (Près de Yen Lac).*

Comment les Mans détruisent peu à peu la forêt.



A



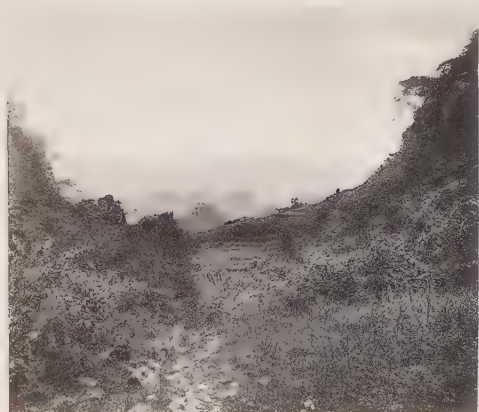
B



C



D



E



F

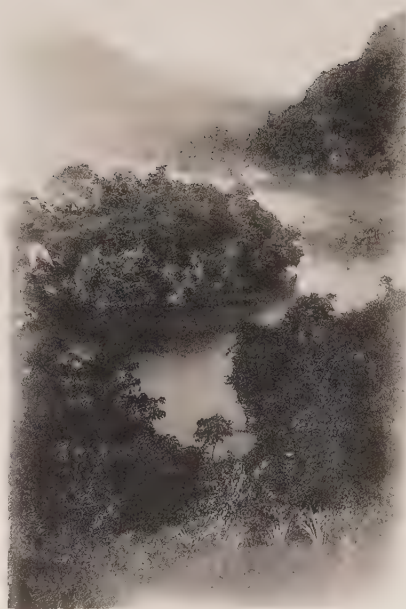
PLANCHE VI

PLANCHE VI

A. B. C. — *Vues des lacs Ba Be.*



A



B



C

PLANCHE VII

PLANCHE VII

A. — *Paysage dans les massifs de rhyolithes de l'Ouest de That Khe.*

De droite à gauche :

Derrière l'arbre, le Nui Sam Sao ; à gauche dans le fond, le Nui Dong Xem ; puis, le Khau Dinh Den ; au fond au milieu, le Nui Na Cuoc ; plus à gauche en avant, le Nui Coc Hao.

B. — *La vallée de Cao Bang et le Song Bang Giang.*

Les maisons de Cao Bang se voient sur le bord du fleuve.

A droite, dans le lointain, le Massif calcaire du signal de Cao Bang (977 m.) ; plus à gauche, le sommet de la montagne de porphyrites de Nam Loat (673 m.) ; à gauche dans le fond, le Cao Sam (676 m.).



A



B

Cl. Chés R. Bourret

Imp. Tortellier et C^{ie}

PLANCHE VIII

PLANCHE VIII

A. — *Le Song Bang Giang au Sud-Est de Cao Bang.*

Gorges du Song Bang Giang dans les Schistes du Song Hiem, avec rhyolithes et porphyrites. Au milieu, au fond, le Massif des calcaires ouraliens du Signal de Cao Bang.

B. — *Pays de Ha Lang au Sud-Est de Po Muoi.*

On remarque un reste d'un haut niveau.

C. — *Cipolin du poste des Ba Be avec phtanites.*

Curieux phtanites en fer à cheval.

D. — *Plaine de Dong Do.*

A quelques kilomètres à l'Ouest-Nord-Ouest de Trung Khanh Phu.

Tout à fait à droite, au fond, les calcaires de Ha Lang ; légèrement à gauche de ces calcaires, les petits mamelons bas sont formés d'une roche verte altérée ; à gauche, terminaison du Massif du Loung Dinh ; les sommets sont en calcaires ouraliens reposant sur des calcaires dévoniens qui occupent la base de la falaise.

E. — *Contact de l'Ouralo-Permien et du Dévonien à Khuoi Sam.*

(Est de Tra Linh).

Le rocher situé à droite au fond appartient au Dévonien ; celui de gauche est en calcaire ouralien avec, à la base, des brèches calcaires à ciment de calcite.

F. — *La Série de Ha Lang au Nord-Est de Trung Khanh Phu.*

Erosion avancée dans les Calcaires de Ha Lang.



A



B



C



D



E



F

PLANCHE IX

PLANCHE X

PLANCHE X

A. — *Paysage du Pays de Ha Lang.*

A gauche, griottes ; à droite, calcaires à phtanites de la Série de Ha Lang ; au milieu, dans le lointain, les calcaires ouraliens du Massif de Vinh To. (Pris à quelques kilomètres au Sud de Ha Lang).

B. — *Contact du Dévonien du Bong Son et de l'Ouralien du Massif de Vinh To.*

Au milieu, le rocher le plus élevé est formé de Calcaires de Ha Lang ; il s'appuie à gauche sur des dolomies eiféliennes ; il supporte à droite les falaises ouraliennes du Synclinal de Vinh To.

(Pris à Ban Lung, sur la bordure est du Bong Son).

C. — *Paysage Meo près de Duong Thuong.*

Le rocher au premier plan à gauche, formé de calcaires dévoniens, chevauche la masse des calcaires ouralo-permiens qui occupent tout le reste du paysage ; au fond, le Massif de la Couronne, dépendance du Massif du Pou Tha Ca.

D. — *Le Song Bac Ngung à Na Heo (Région du Pia Ya).*

Les blocs de la rivière sont des granites et des gneiss ; les mame-lons au premier plan appartiennent à la Série de Lang Ca Phu et sont formés de bancs calcaires dans des schistes métamorphiques ; en second plan, le Synclinal calcaire de l'Ouest du Pia Ya (Pi Than), supporté par une masse de gneiss ; dans le fond, le pic granitique du Pia Ya.



B



A



C

Clichés R. Bourret



D

Imp. Tortellier et C^e

PLANCHE XI

PLANCHE XI

A. — *La pénéplaine du Nord-Est du Tonkin.*

Environs de Po Tau, sur la route de Trung Khanh Phu à Ban Gioc.

Au premier plan, les schistes du Bong Son ; à gauche, le Dôme de Na Man entouré par les calcaires dévoniens découpés en pains de sucre par l'érosion ; à droite, au milieu, la plaine de la Kouei Chouan.

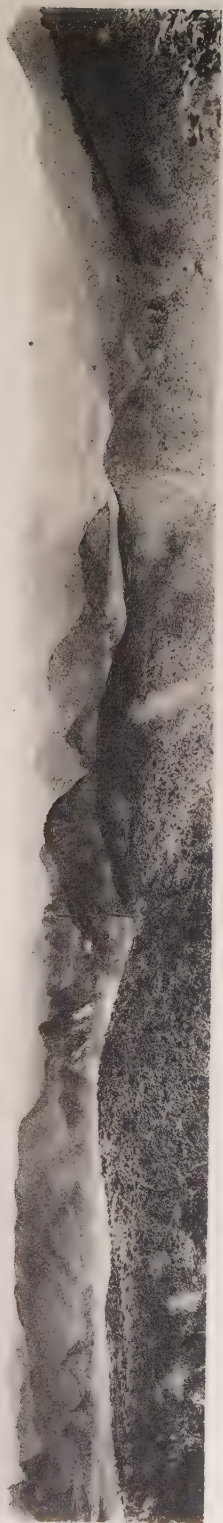
B. — *La plaine de That Khe.*

Au deuxième plan les poudingues tertiaires ; au fond, la terminaison au Sud de la pénéplaine du Nord-Est du Tonkin dans la région de Phi My.

C. — *Les calcaires laminés du Nui Tong Tinh et le Pia Oac.*

Les calcaires reposent sur les schistes dévoniens. La direction des bancs est ouest-est. Les bancs sont interrompus contre la granulite du Pia Oac suivant un contact nord-sud.

D. — *Le plateau du Nord de Tinh Tuc et le Pia Oac.*



A



B

Clichés R. Bourret



C



D

Imp. Tortellier et C^{ie}

PLANCHE XII

PLANCHE XII

A. — *Calcaire laminé du Sud de That Khe* (Surface polie).

Grandeur naturelle.

B. — *Cornéenne à andalousite altérée du Khao Oac* (Pia Oac).

On voit très bien les tubes de mica provenant de l'altération en surface des cristaux d'andalousite.

Grandeur naturelle.

C. — *Contact de la granulite et des micaschistes du Pia Oac* (Ariane).

Grandeur naturelle.

D. — *Mica palmé et quartz, Pia Oac.* $\times 2$.

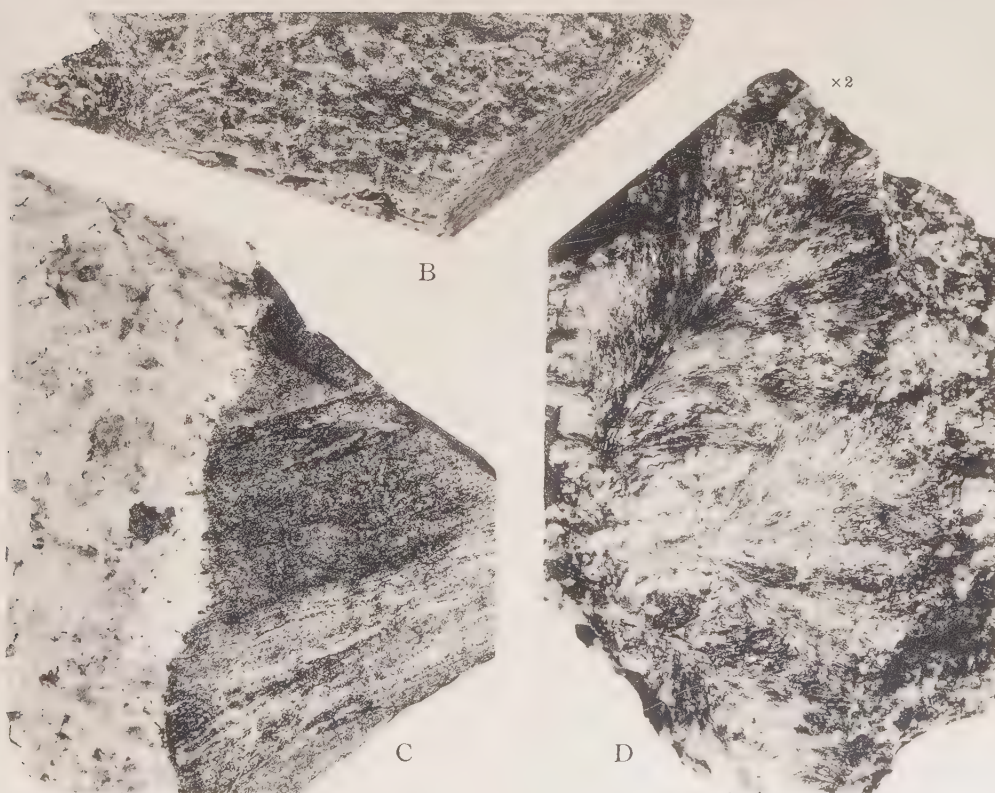
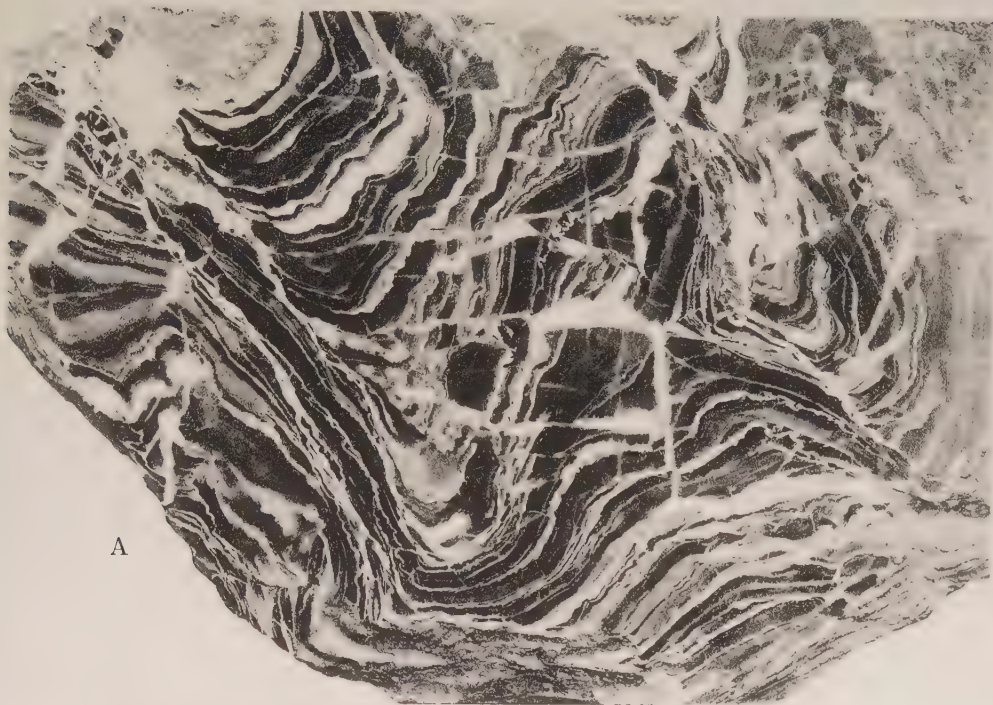


PLANCHE XIII

PLANCHE XIII

A. — *Granulite porphyroïde à deux micas du Pia Oac (Ariane).*

On voit un grand cristal de feldspath au milieu de l'échantillon.
Grandeur naturelle.

B. — *Granulite du Pia Oac (Ariane).*

Quartz idiomorphe. — Mica blanc. — Mica noir. — Grands feldspaths. Grandeur naturelle.

C. — *Roche à éléolithe de Khuoi Nung. (Région du Pia Ya).*

Lits d'amphibole noir verdâtre (hastingsite ?) sur un fond de microcline, d'albite et d'éléolithe. $\times 1,5$.

D. — *Granite porphyroïde écrasé à mica noir de Na Pong. (Région du Pia Ya).*

Grandeur naturelle.



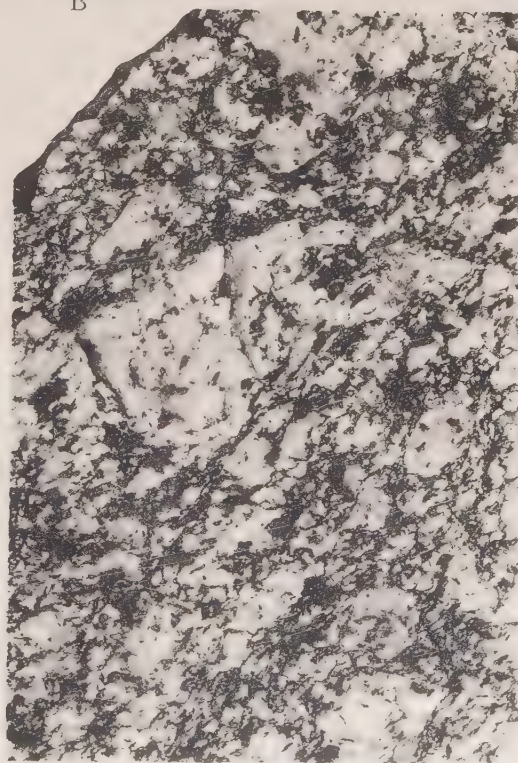
A



B



C



D

PLANCHE XIV

PLANCHE XIV

Minéraux du Pia Oac.

A. — *Macle polysynthétique de cassitérite.*

B. — *Wolfram maclé suivant e'.*

C. — *Macle de wolfram.*

D. — *Octaèdre de scheelite.*

E. — *Hübnerite.*

F. — *Géode tapissée d'autunite.*

G. — *Apatite transparente.*

H. — *Apatite.*

I. — *Octaèdre de fluorine et quartz.*

Tous les minéraux de la planche sont représentés en grandeur naturelle.

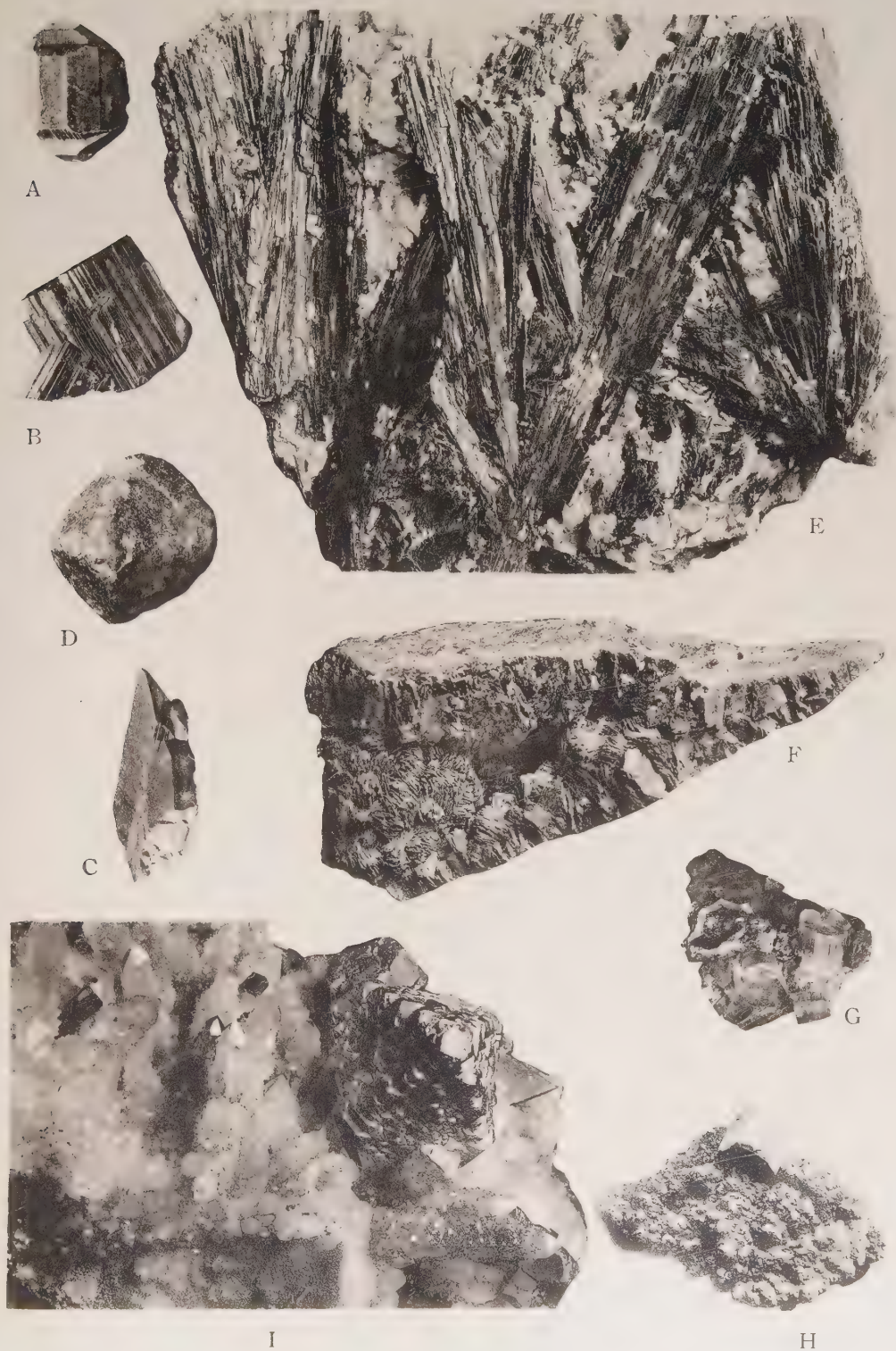


PLANCHE XV

PLANCHE XV

A. — *Granite écrasé de Lung Mo* (Région de Ngan Son).

a. Mica blanc émietté. — *b.* Mica torqué. — *c.* Quartz. — *d.* Orthose avec un peu d'albite.

Nicols croisés. $\times 40$.

B. — *Granite écrasé de Kouei Yen* (Région de Ngan Son).

a. Quartz. — *b.* Oligoclase à macles tordues. — *c.* Mica blanc émietté.

Nicols croisés. $\times 40$.

C. — *Granite à pyroxène de Na Khieng* (Région de Cho Ra).

Fond clair d'oligoclase et de quartz sur lequel ressortent les cristaux de diopside montrant parfois les clivages *m*. Les taches noires correspondent à de la biotite et de la pyrite. $\times 15$.

D. — *Granite à mica noir et diopside de Ban Ong* (Pia Ya).

a. Oligoclase souvent maculé et torqué. — *b.* Diopside. — *c.* Biotite. $\times 15$.

E. — *Granite amphibolique écrasé de Ban Ong* (Pia Ya).

a. Quartz. — *b.* Oligoclase. — *c.* Biotite. — *d.* Amphibole. — *e.* Diopside. $\times 15$.

F. — *Granite à biotite de Na Kie* (Région du Pia Ya).

a. — Feldspath zoné. — *b.* Micropegmatite. — *c.* Biotite. — *d.* Quartz.

Nicols croisés. $\times 30$.

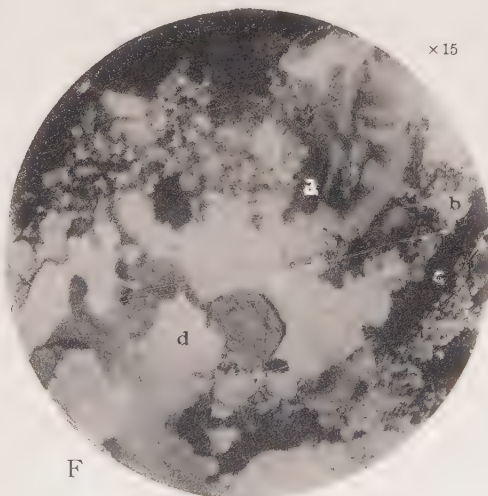
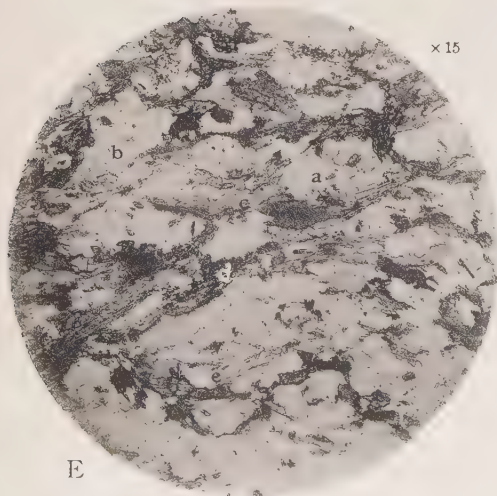
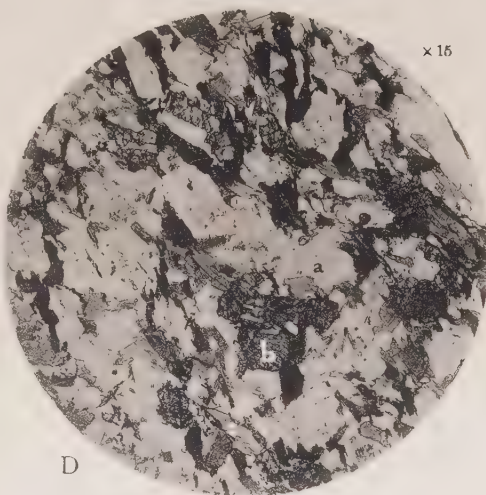
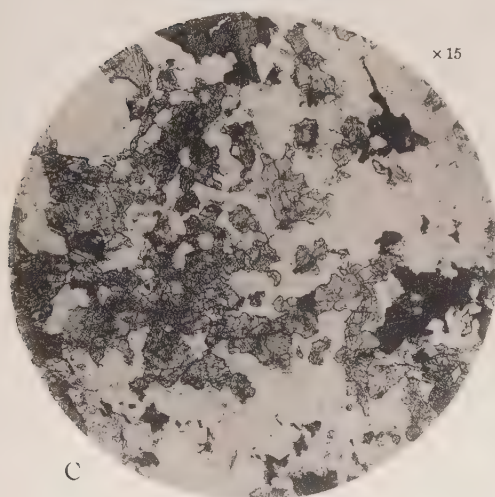
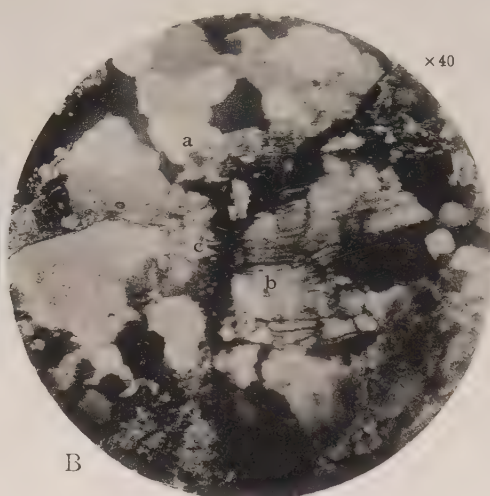
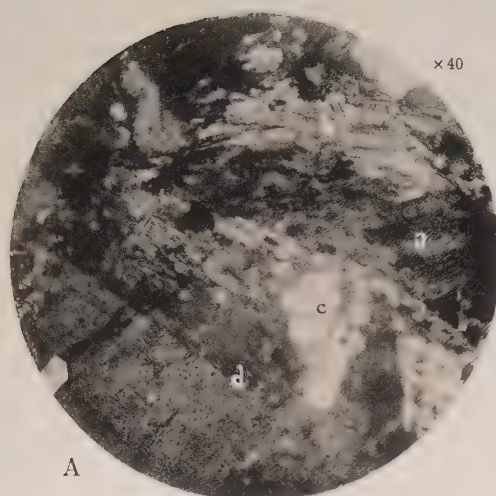


PLANCHE XVI

PLANCHE XVI

- A. — *Syénite de Na Pong* (Région du Pia Ya).
Feldspaths altérés et amphibole. $\times 15$.
- B. — *Syénite éléolithique de Ban Muong* (Pia Ma).
a. Hastingsite ? — b. Zircon. — Fond de microcline et d'albite
avec un peu d'éléolithe. $\times 15$.
- C. — *Syénite éléolithique de Khuoi Nung* (Région du Pia Ya).
De l'amphibole (hastingsite ?) se détache en sombre sur le fond
clair de feldspath et d'éléolithe. $\times 15$.
- D. — *La même syénite.*
Feldspath sodique (microcline ou anorthose). Nicols croisés. $\times 15$.
- E. — *Syénite du col du Pia Ma.*
Même composition minéralogique que la précédente. Nicols
croisés. $\times 15$.
- F. — *Micaschiste écrasé de Bang Vit* (Région du Pia Ma.)
Quartz, mica blanc et grenats. $\times 15$

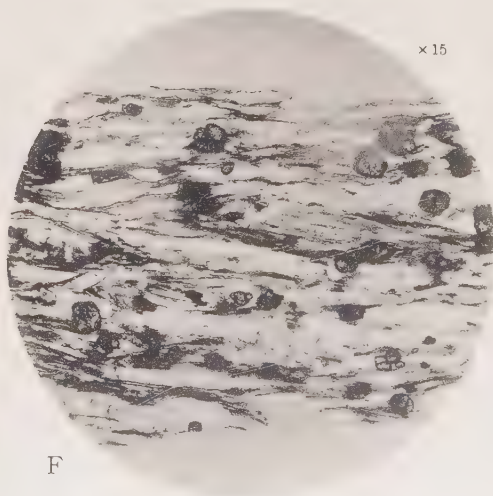
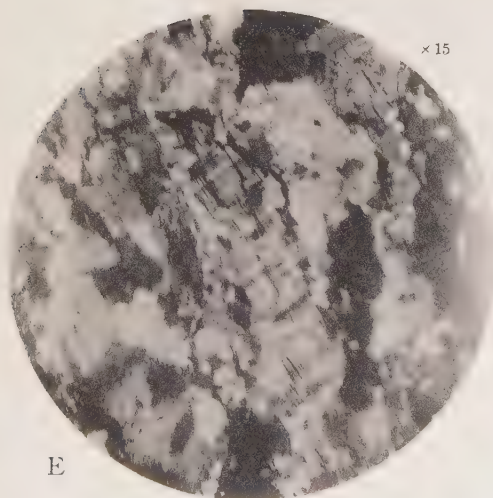
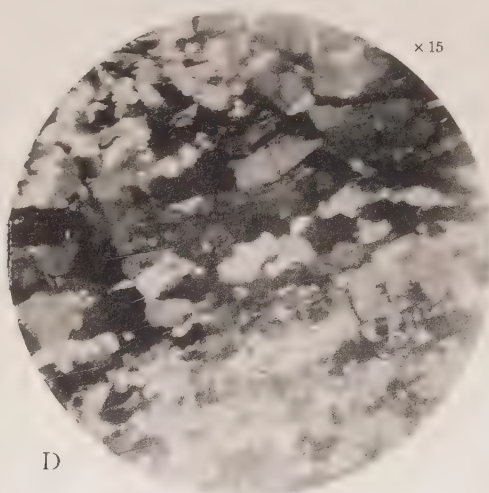
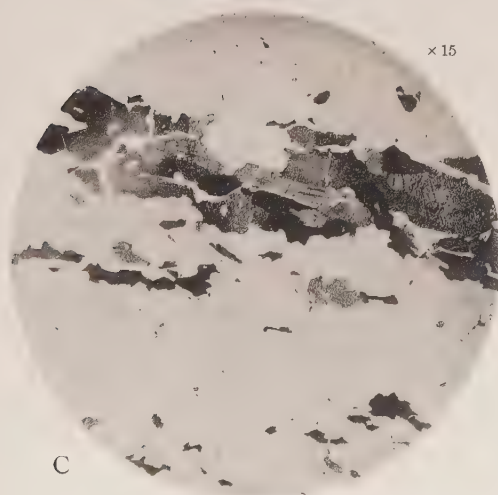
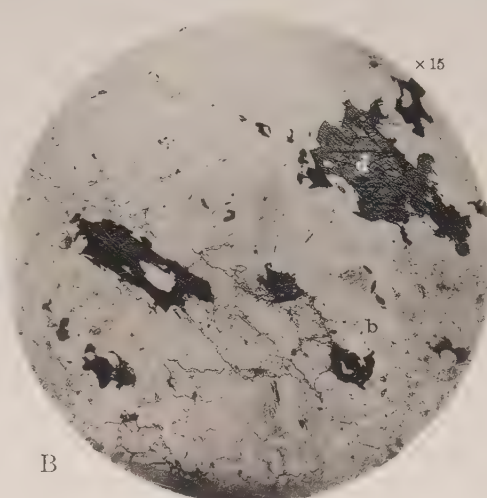
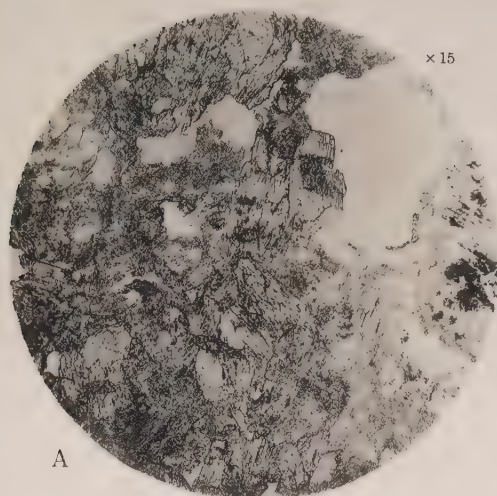


PLANCHE XVII

PLANCHE XVII

Rhyolithes.

- A. — *Rhyolithe à quartz globulaire de Chong Luong* (Route de Diem He à Lang Son)
a. Quartz auréolé. — b. Orthose.
Nicols croisés. $\times 15$.
- B. — *Rhyolithe à quartz globulaire de Chong Luong*.
Au milieu de la préparation un cristal de magnétite.
Nicols croisés. $\times 40$.
- C. — *Rhyolithe de la région de Lang Son*.
Au centre un cristal craquelé d'orthose.
A droite et à gauche quartz corrodés.
Fond de petites éponges de quartz un peu confuses.
Nicols croisés. $\times 15$.
- D. — *Rhyolithe pétrosiliceuse de Na Lac* (Sud-Est de Cao Bang).
En bas, à gauche, cristal corrodé d'orthose.
En haut à droite, quartz. Fond dévitrifié parsemé de débris de quartz
Nicols croisés. $\times 15$.
- E. — *Rhyolithe altérée de Kouei Kouang* (Ouest de Van Mit).
(Galet dans un poudingue).
Grand quartz corrodé et brisé à extinctions roulantes. De la calcite remplit en partie les trous du quartz et même les vides qui existent entre les divers débris. Fond à très fines éponges de quartz avec rares microlithes d'orthose et calcite abondante.
Nicols croisés. $\times 15$.
- F. — *Rhyolithe de Lung Lua*. (Voie ferrée de Dong Dang à Na Cham).
Petits cristaux de quartz auréolés sur un fond à la fois pétrosiliceux et à quartz globulaire.
Nicols croisés. $\times 30$.

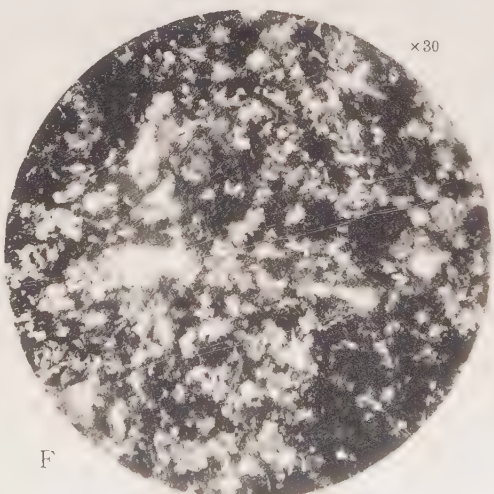
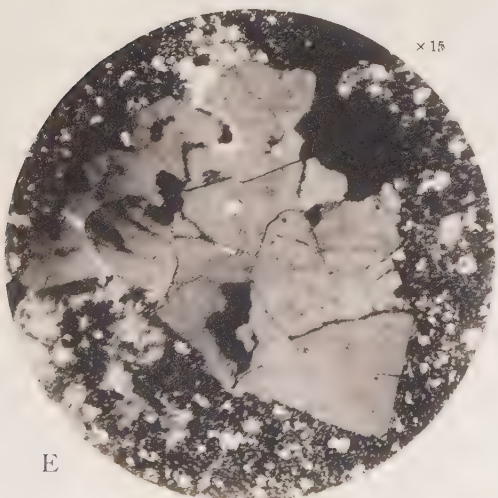
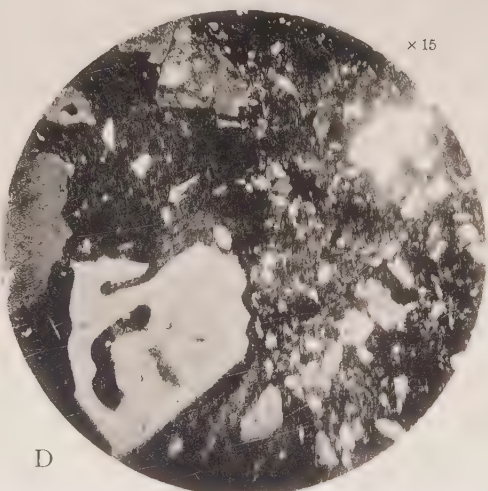
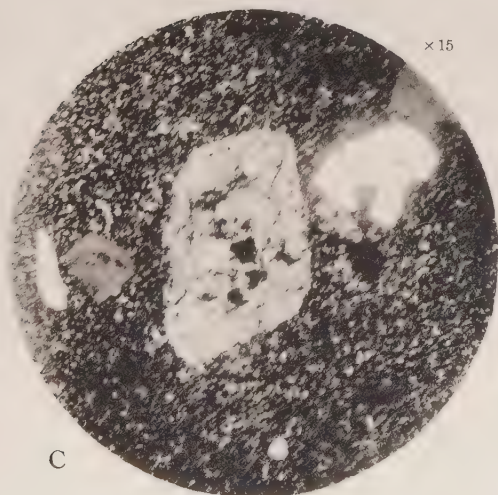
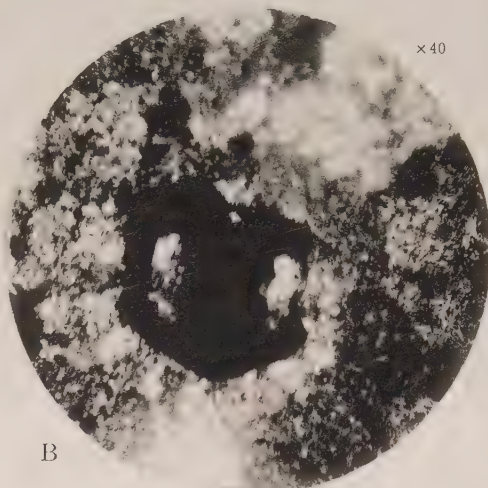
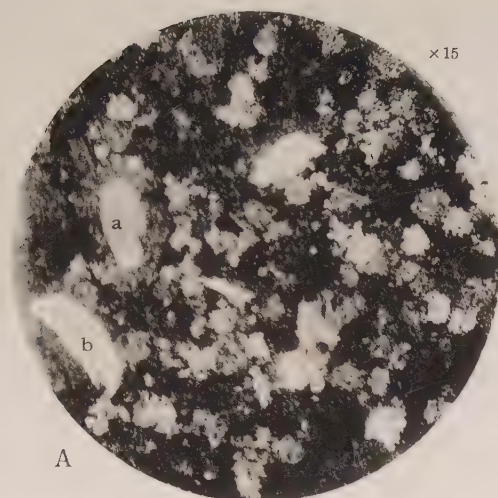


PLANCHE XVIII

PLANCHE XVIII

Rhyolithes.

A. — *Rhyolithe pétrosiliceuse de Ban Sang* (Région de Yen Lac).

Les parties claires sont un peu de quartz et surtout de la calcédonite qui imprègne toute la préparation. Pas de phénocristaux.

Nicols croisés. $\times 40$.

B. — *Rhyolithe altérée de Ban Dzuoc* (Galet, chemin de Na Ri à Pho Binh Gia).

A gauche en haut un grand cristal de quartz corrodé et brisé à extinctions roulantes. La pâte, en partie vitreuse, contient de nombreuses éponges très petites de quartz globulaire et des microlithes d'orthose.

Nicols croisés. $\times 15$.

C. — *Rhyolithe de Nam Quan à pâte vitreuse* (Khao Moue, Région de That Khe).

En bas, à gauche, magnétite. La pâte est teintée de limonite souvent concentrée en globules. $\times 15$.

D. — *Rhyolithe fluidale de Ban Pion* (Khao Sam Sao, Nord-Ouest de Dong Khe).

En bas deux grains gris de feldspath. Les autres gros grains sont des quartz corrodés et brisés. $\times 15$.

E. — *Rhyolithe de Phai Sieng* (Sud-Est de Cao Bang).

Filonnets de calcédonite. Nicols croisés. $\times 160$.

F. — *Rhyolithe pétrosiliceuse de Ban Sang* (Région de Yen Lac).

Montrant un sphérolithe de calcédonite à plusieurs centres.

Nicols croisés. $\times 120$.

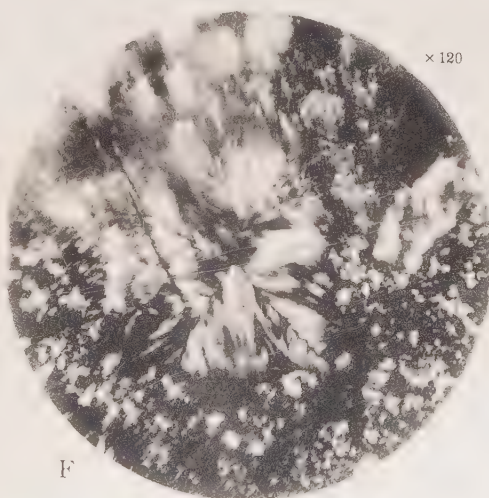
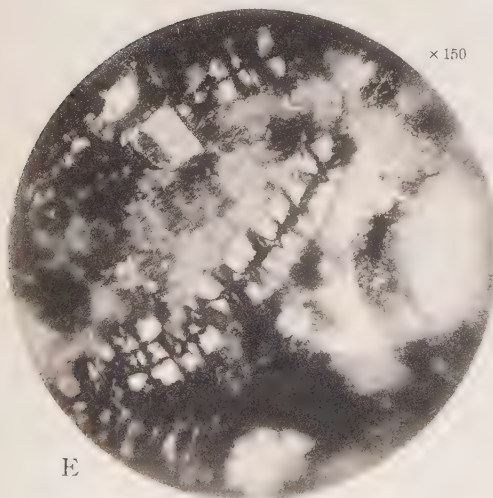
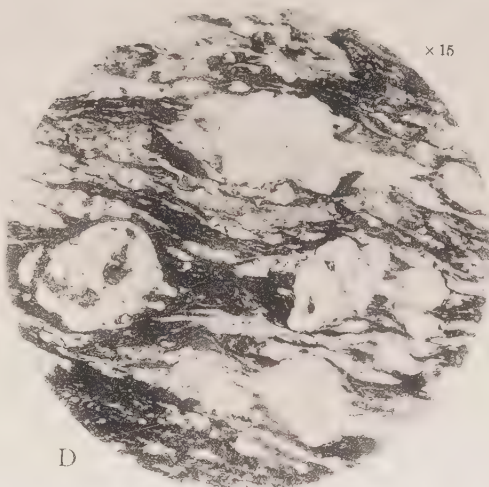
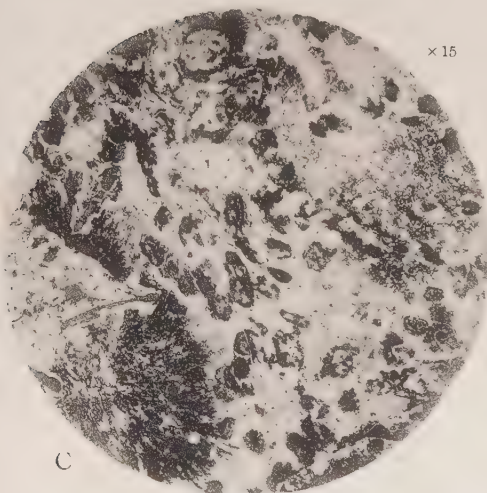
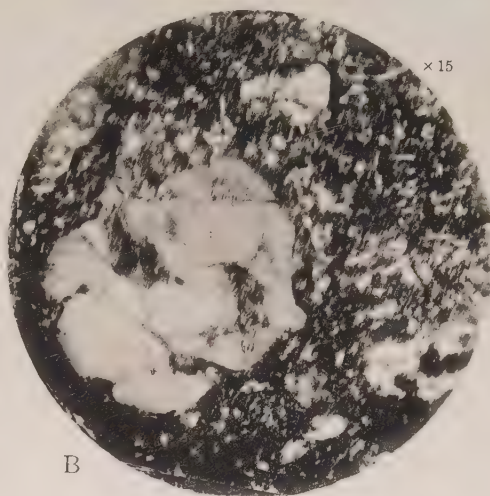
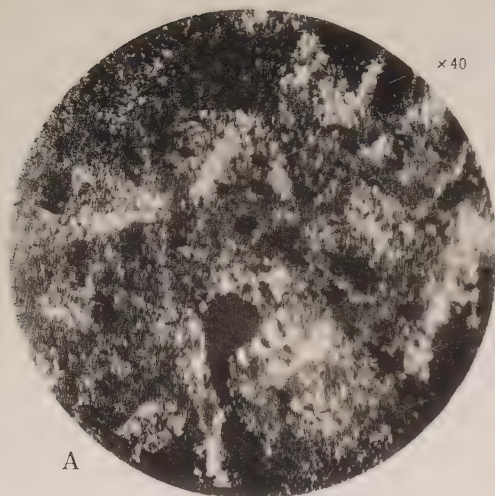


PLANCHE XIX

PLANCHE XIX

A. — *Norite andésitique quartzifère altérée des environs de Cao Bang.*

a. Quartz. — *b.* Ouralite. — *c.* Serpentine amorphe. — *d.* Serpentine fibreuse. — *e.* Feldspath très altéré. — *f.* Vide dans la préparation.

Lumière incidente. $\times 15$.

B. — *Même roche.*

a. Feldspath altéré. — *b.* Micropegmatite. — *c.* Augite. — *d.* Serpentine. — *e.* Ilménite. $\times 15$.

C. — *Même roche.*

a. Augite et hypersthène. — *b.* Macle d'augite. — *c.* Feldspath. — *d.* Ilménite. $\times 15$.

D. — *Andésite augitique à sphérolithes de la Région de Lang Son.*

En haut à gauche, vacuole remplie de calcite avec, sur les bords, très petits sphérolithes à croix noire. Fond vitreux avec nombreux microlithes d'augite et de plagioclase (andésine). $\times 45$.

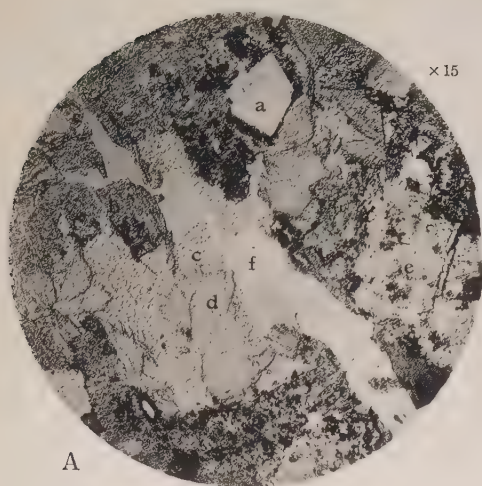
E. — *Ophite labradorique de Lung Muon.*

(Ouest de Trung Khanh Phu).

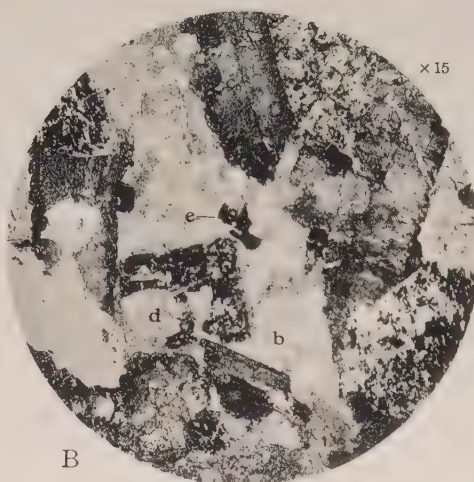
Labrador, titanaugite, ilménite, serpentine. $\times 15$

F. — *Labradorite de la Région de Trung Khanh Phu.*

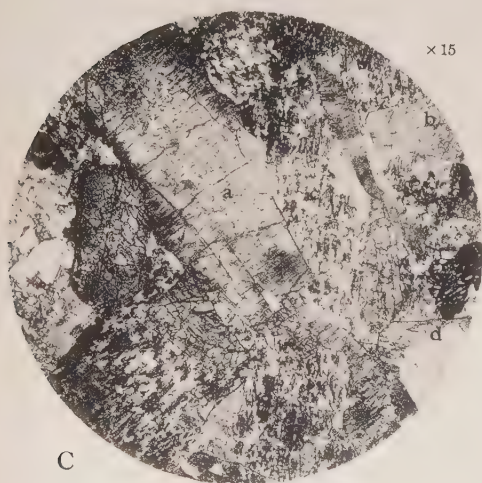
Feutrage de microlithes de labrador avec quelques microlithes de même taille de pyroxène. Nombreux grains de pyroxène. Aiguilles d'ilménite. $\times 15$.



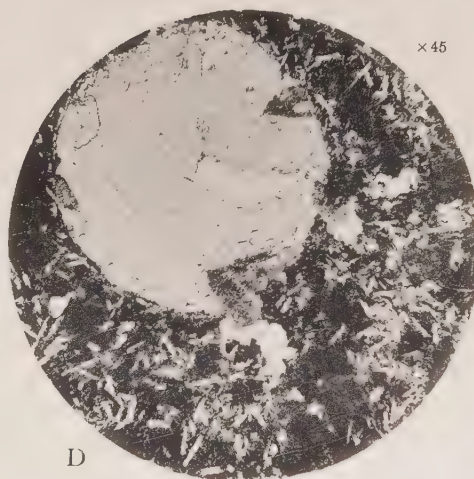
A



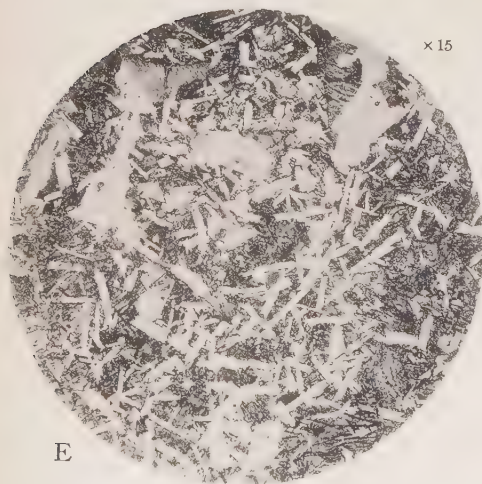
B



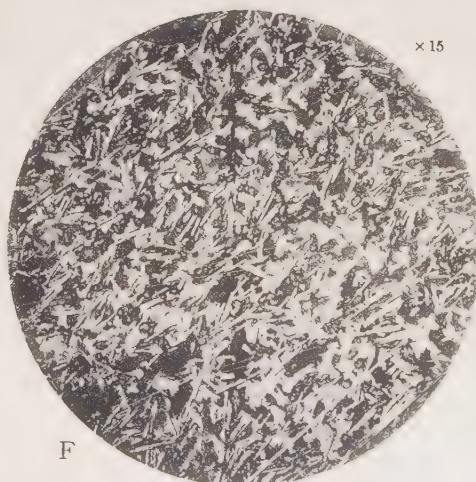
C



D



E



F

PLANCHE XX

PLANCHE XX

A. — *Porphyrite du Sud de Cao Bang.*

Microlithes d'andésine, parfois à l'état de squelettes sur fond de verre avec fibres d'augite. $\times 15$.

B. — *Porphyrite de Da Lang* (Massif de Vinh To, Région de Ha Lang).

Cristaux d'andésine et d'augite sur un fond très vitreux avec fins microlithes de feldspaths (andésine-labrador). Vacuoles avec limonite. $\times 15$.

C. — *Norite à olivine et mica noir du Sud de Cao Bang.*

Olivine avec fentes remplies de magnétite. Labrador, bytownite, et diallage. $\times 15$.

D. — *Norite à olivine et mica noir de l'Est de Cao Bang.*

Olivine, magnétite et diallage. $\times 15$.

E. — *Pyroxénite de Ban Lung Thuong* (Route de Dong Khe à Cao Bang).

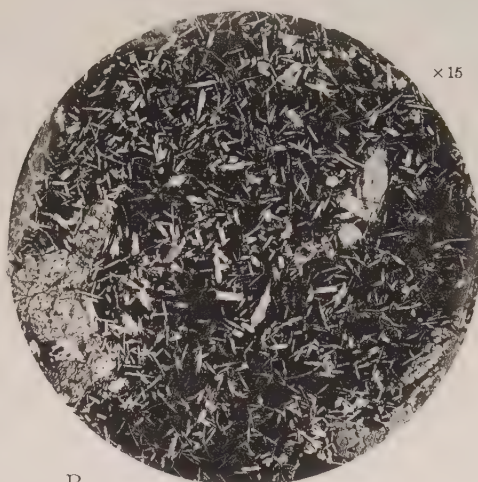
Surtout du pyroxène (diopside-augite) sur un fond en partie amorphe provenant de l'altération de rares feldspaths. $\times 15$.

F. — *Roche ferrugineuse du Bac Son.*

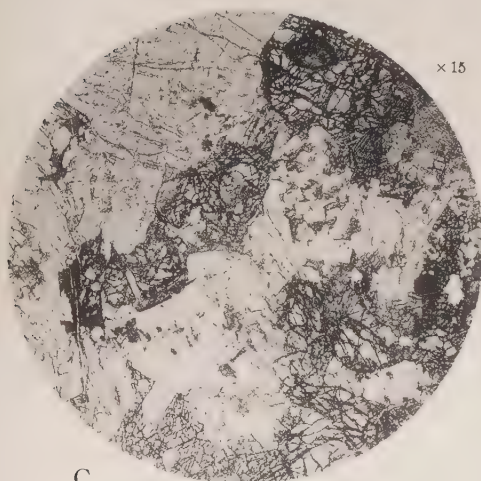
Vacuole avec limonite et calcite concrétionnées. Fond de limonite avec rares cristaux très petits d'épidote. $\times 15$.



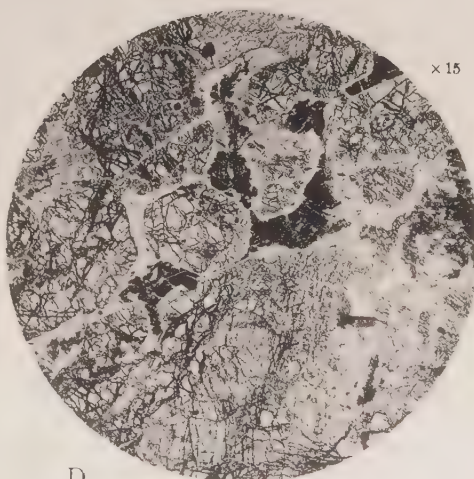
A



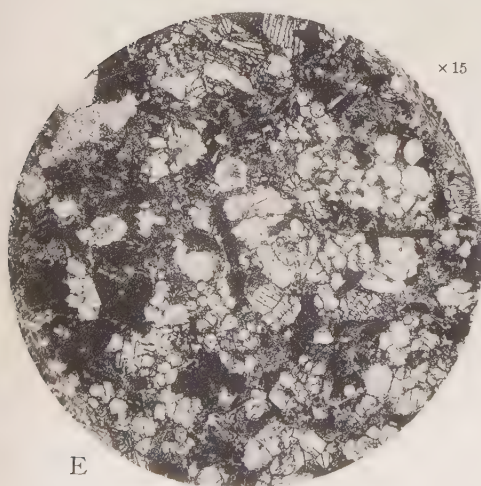
B



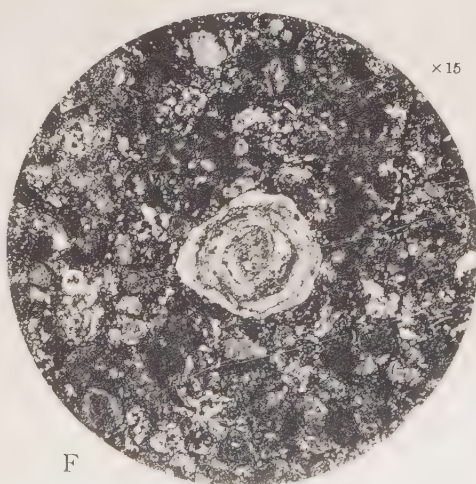
C



D



E



F

PLANCHE XXI

PLANCHE XXI

A. — *Roche ferrugineuse de Lung Luong.*

(Massif du Lu Khu).

Surface polie. $\times 5$.

B. — *Même échantillon.*

Surface polie. Grandeur naturelle.

C. — *Calcaire ouralo-permien de Bo Ngam.*

(Massif du Lung Xung).

Fusulinidé déformé. $\times 15$

D. — *Calcaire ouralo-permien de Loung Duon.*

(Massif du Binh Lang).

En haut, un peu à gauche, calcite maclée.

Au milieu, Fusulinidé devenue nuageux par écrasement. $\times 15$.

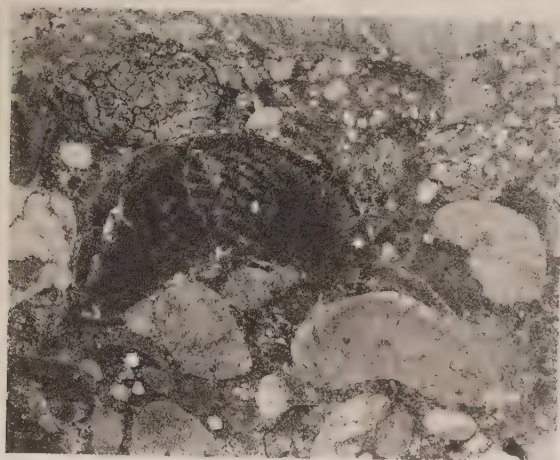
E. — *Calcaire oolithique de Lung Po.*

(Dong Quan). $\times 15$.

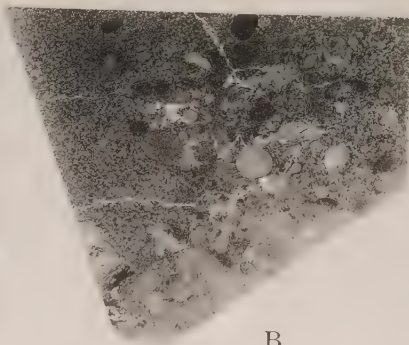
F. — *Calcaire ouralo-permien de Khanh Linh.*

(Route de Dong Dang à Na Cham).

Nombreux organismes (*Haplophragmium*, etc...)



A



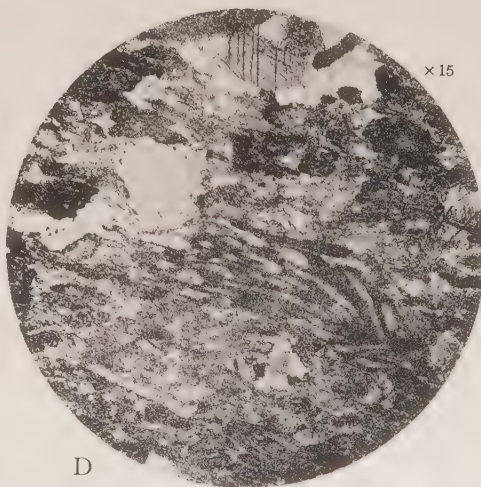
B

× 5



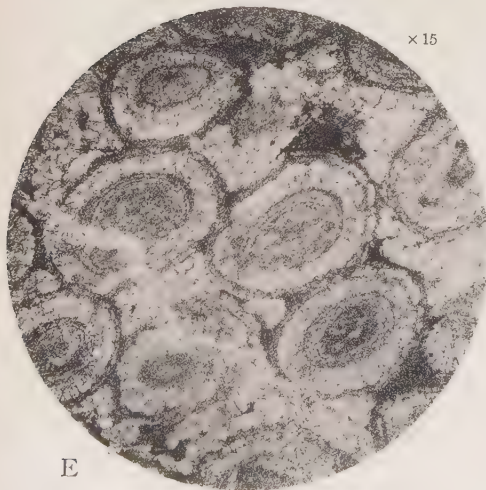
× 15

C



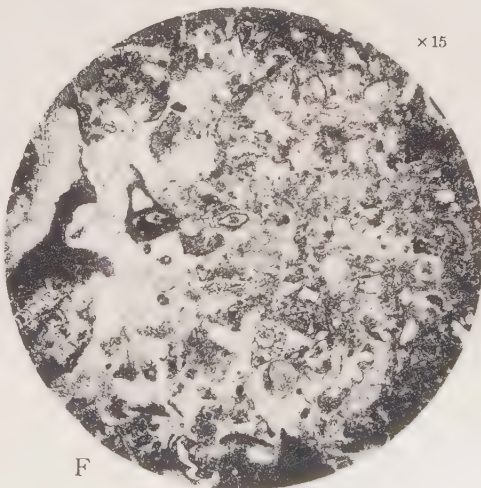
× 15

D



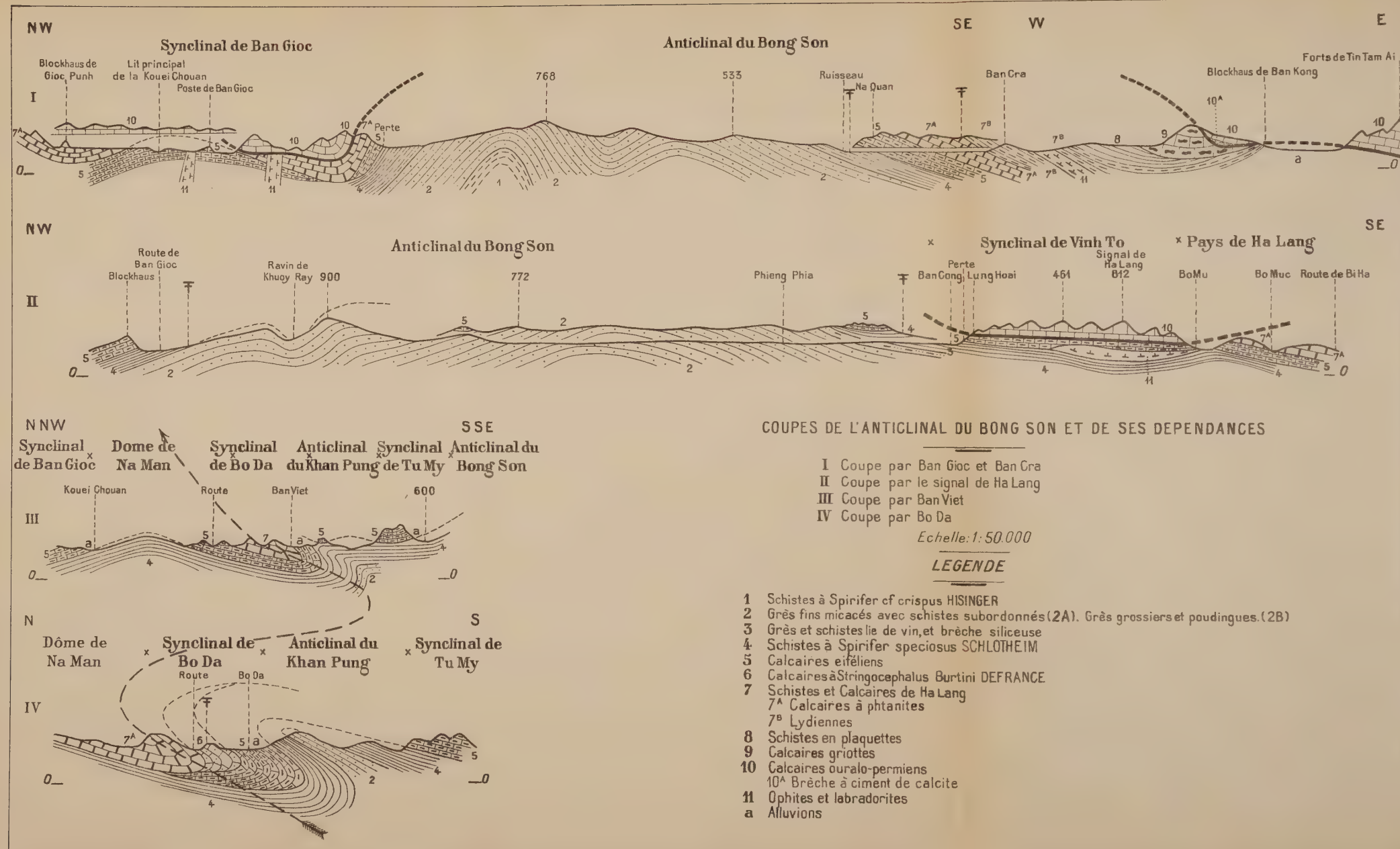
× 15

E



× 15

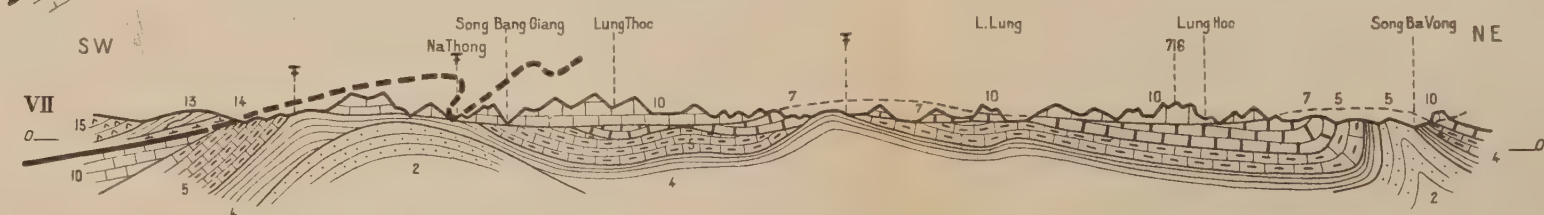
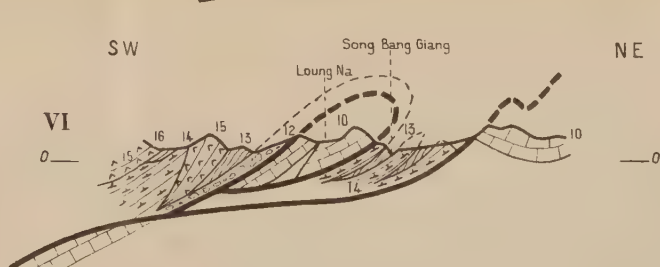
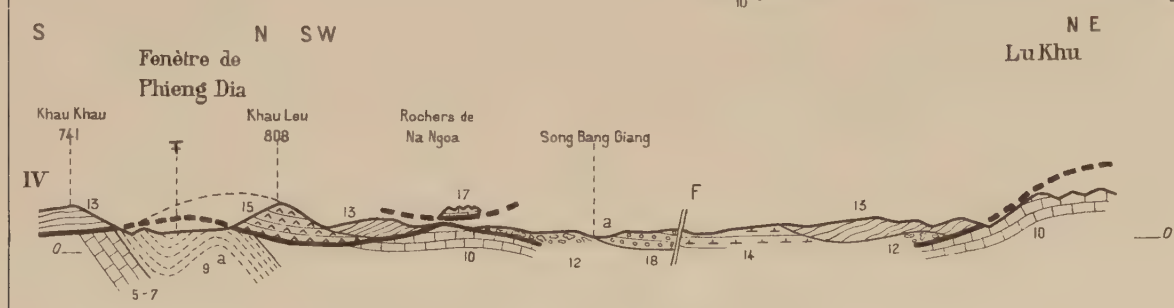
F



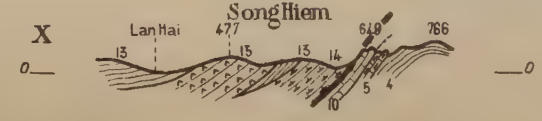
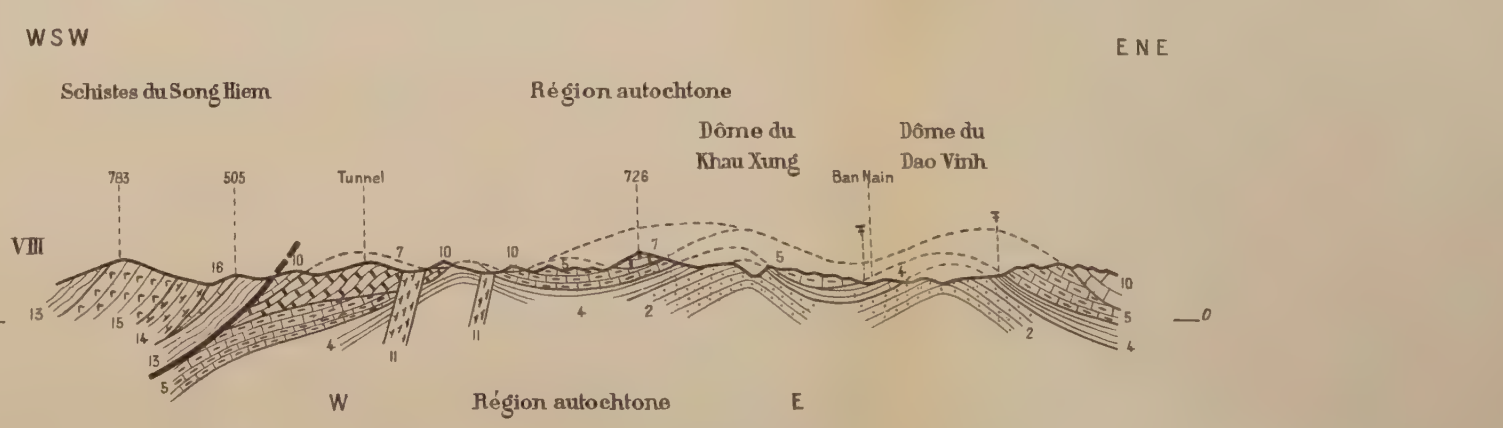
Coupes des contacts du Massif autochtone
de l'Est de Cao Bang et des Schistes
du Song Hiem

Echelle 1:100.000^e

- I Coupe du Dôme de Trung Ha.
- II Coupe du Lu Khu suivant la route de Soc Giang à Nam Nhung.
- III Coupe de la haute vallée du Song Bang Giang au Sud de Mo Xat et de l'anticlinal de Na Xa à 4 km au N.W. de Na Giang.
- IV Coupe de la vallée du Song Bang Giang.
- V, VI, VII Coupes à travers la région de Quang Uyen et sa bordure occidentale.
- VIII Coupe de la région de Dong Khe au Nord de Dong Khe.
- IX Coupe par Dong Khe.
- X Coupe de la bordure de la nappe du Song Hiem au contact du pays de Dong Khe.



- LEGENDE**
- A Région autochtone. — 2. Grès et Schistes. — 4. Schistes eiféliens à *Spirifer Speciosus* SCHLOTHEIM. 5. Calcaires noirs et Dolomies eiféliens. — 6-9 Série de Ban Cra. — 7. Série de Ha Lang. — 9. Devonien supérieur. — 10. Calcaires blancs Ouralo-permiens. 11. Porphyrites, ophites et labradorites.
 - B Nappe du Song Hiem. — 12. Zone de broyage avec matériaux divers et brèches siliceuses. — 13. Schistes. — 14. Roches vertes laminées. — 15. Rhyolithes laminées. — 16. Lambeaux d'Ouralien.
 - C Lambeau du Binh Lang. — 17. Calcaires Ouralo-permiens.
 - D Bassin tertiaire de Cao Bang. — 18. Schistes et Poudingues à petits galets de quartz. a. Alluvions. F. Faille.



SCHISTES DU SONG HIEM ET NAPPES DU SONG GAM

Echelle 1:500.000



LEGENDE

- I Zone autochtone**

 - Ia Zone primaire autochtone du Dong Quan
 - Ib Zone primaire autochtone de l'Est de Cao Bang
 - Ic Arc du Coc Xo
 - Id Massif du Haut Song Chay
 - Ie Massif cristallin du centre du Tonkin

II Schistes du Song Hiem

 - IIa Schistes du Song Hiem
 - IIb Schistes du Song Nhiem, du Song Niao et du haut Song Nang
 - IIc Schistes de la Rivière Claire

II-III Zone du Bas Song Gam

III Nappe inférieure du Song Gam

 - III¹ Lame de Ha Giang
 - III^{1a} Calcaires de Ha Giang
 - III^{1b} Calcaires de Tinh Tuc
 - III^{1c} Calcaires de Nam Quet
 - III^{1d} Ecailles du Song Nhiem
 - III² Lame Supérieure des Schistes du Song Hiem
 - III³ Lame du Col des Partisans
 - III^{3a} Calcaires du Col des Partisans
 - III^{3b} Massif du Binh Lang
 - III^{3c} Lambeau du Kim Hi

IV Nappe supérieure du Song Gam

 - IV¹ Lame de Lang Ca Phu
 - IV² Lame du Pia Ya
 - IV^{2a} Lambeau de Quan Ba
 - IV^{2b} Lambeau du Pia Ya
 - IV^{2c} Lambeau du Phia Bioc

Granite Syénites et Gneiss Rhyolithes Roches vertes

La partie située au Sud de la ligne Tuyen Quang Cho Chu est extraite d'une étude de M. le Commandant DUSSAULT

COUPES DES NAPPES DU SONG GAM

Echelle: 1:200.000^e

LEGENDE

A Terrains autochtones

a Zone de l'arc du Coc Xo, du Lung Xung, du Dong Quan et du Lu Khu

- 1 Granite écrasé à mica blanc du Phan Ngam
- 2 Gneiss écrasés et micaschistes
- 3 Schistes éféliens
- 4 Calcaires dévoniens du Dôme du N. Tong Tinh et du Lung Xung
- 5 Calcaires ouraliens du Dong Quan, du Lung Xung et du Lu Khu
- 6 Granulite du Pia Oac

b Zone des Massifs du H² Song Chay et du centre du Tonkin

- 7 Granites et gneiss
- 8 Couverture du Massif du Haut Song Chay

B Schistes du Song Hien et de la Rivière Claire

- 9 Schistes du Song Hien... 98. Brèche des sommets (Rhétien)
- 9^a Rhyolites et microgranites
- 9^c Roches éruptives laminées
- 9^d Roches vertes
- 9^{ba} Complexe de la Rivière Claire

C Nappes du Song Gam

a Nappe Inférieure

α lame de Ha Giang

- 10 Calcaires lités (Dévonien?)
- 11 Calcaires massifs

β 3^{me} lame de Bac Me

γ lame du Col des Partisans

- 12 Calcaires ouralo-permiens

b 8-12 Zone du Bas Song Gam

- m Calcaires
- n Quarzites, schistes et microgranites écrasés
- p Débris de terrains cristallins laminés
- 9^{re} Roches vertes

c Nappe Supérieure

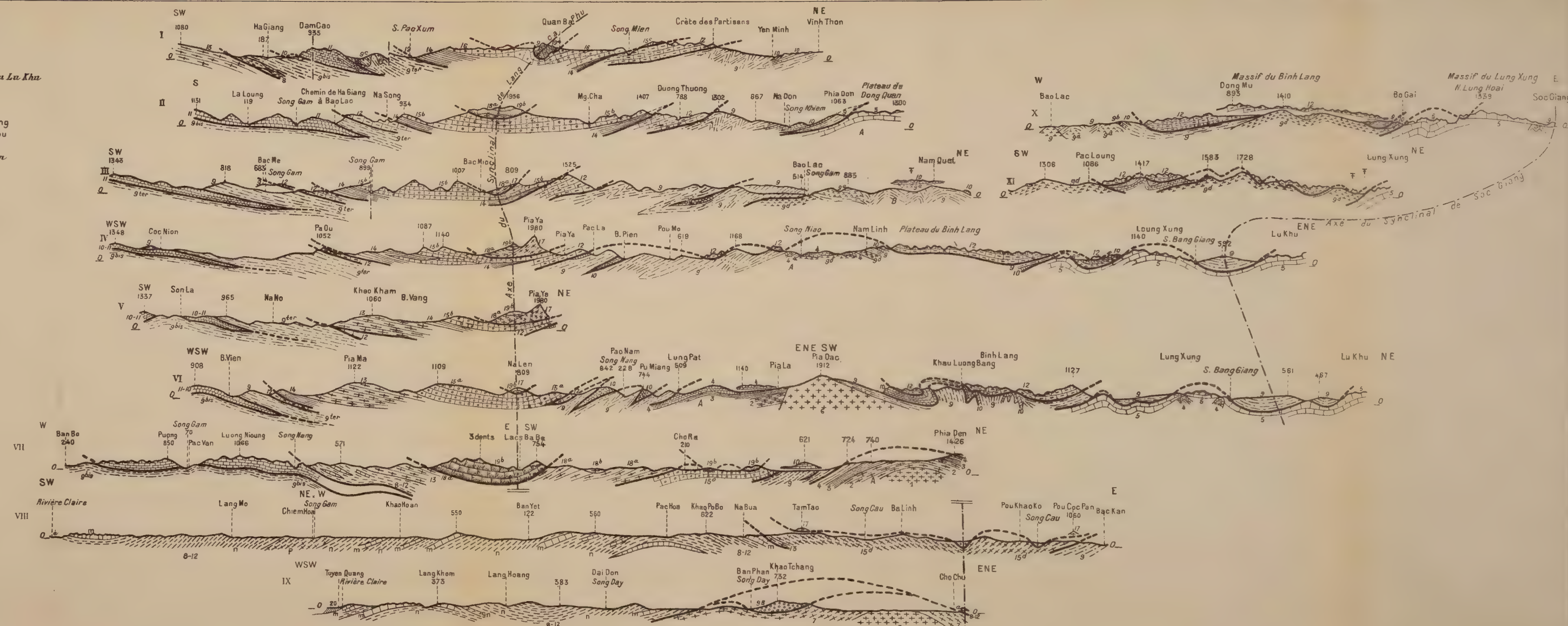
A lame de Lang Ca Phu

- 13 Gneiss à amphibole et syénites éololithiques
- 14 Schistes et micaschistes
- 15 Complexe probablement dévonien
- 15^a Série de Cho Ra
- 15^b Série de Lang Ca Phu
- 15^c Calcaires fétides du Massif des Partisans
- 15^d Terrains cristallins de l'Ouest de Bac Kan
- 16 Dolomies de Quan Ba

E lame du Pia Ya

- 17 Granite du Pia Ya et du Massif du Phia Bioc
- 18^a Gneiss amphiboliques
- 18^b Gneiss ordinaires
- 19^a Complexe schisto-calcaire du S.W. de Quan Ba
- α Calcaires laminés
- γ Schistes à sérinite
- 19^b Marbres divers supérieurs

D Bassin tertiaire de Tuyen Quang



SCHEMA TECTONIQUE DE LA VALLEE DU SONG NIAO ET DU BINH LANG

Echelle: 1. 200. 000



SCHEMA TECTONIQUE DE LA VALLEE DU SONG NIAO ET DU BINH LANG

Echelle: 1. 200. 000



